



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA**  
**INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

**Elaboración de harina de plátano en combinación con harina de maíz para la preparación de las tradicionales tortillas, a escala de laboratorio en la ciudad de Estelí.**

**AUTORES**

- Br. Freyden Belén Villareyna Ruiz N° de carné: 2013- 0275N  
Br. Francis Yuliana López Rugama N° de carné: 2013-0149N  
Br. Hassell Janireth Roda Zeledón N° de carné: 2013-0175N

**TUTOR**

MSc. Mariliana Videa Bustillo

**ASESOR**

MSc. Luis María Dicovski

Estelí, 23 de agosto de 2018





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Tecnología de la Industria**

**DECANATURA**

Managua, 18 de diciembre de 2017

Brs. Francis Yulliana López Rugama  
Freyden Belén Villareyna Ruiz  
Hassell Janireth Roda Zeledón

Por este medio hago constar que el protocolo de su trabajo monográfico titulado "Elaboración de harina de plátano en combinación con harina de maíz para la preparación de las tradicionales tortillas, a escala de laboratorio en la ciudad de Estelí", para obtener el título de **Ingeniero Agroindustrial** y que contará con el **MSc. Mariliana Videz Bustillo** como tutor, ha sido aprobado por esta Decanatura.

Cordialmente,



**MBA. Daniel Cuadra Horney**  
Decano

C/c Archivo  
DDI/INT

Managua, Nicaragua. Apdo. 5595 • Tel. 2249 6437 • 2251 8271 • 2251 8176  
Telefax: 2240 1653 • 2249 0942

Estelí 09 de julio de 2018

**Ing. Daniel Cuadra Horney**  
**Decano FTI**  
**Sus manos**

Estimado maestro Cuadra

Reciba cordiales saludos, a través del presente remito tesis monográfica titulada: **"Elaboración de harina de plátano en combinación con harina de maíz para la preparación de las tradicionales tortillas, a escala de laboratorio en la ciudad de Estelí"**, la misma fue elaborada por los bachilleres: Freyden Belén Villareyna Ruiz, Francis Yuliana López Rugama y Hassell Janireth Roda Zeledón, para su proceso de defensa.

Por otra parte, no omito manifestarle que el documento cumple con los requerimientos técnicos normados por la facultad, por lo tanto, solicito su aprobación para que los bachilleres antes mencionados puedan proceder a su correspondiente defensa.

Sin más a que referirme le saludo con muestras de estima y consideración.

Atentamente,

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. Mariliana Videá Bustillo**  
**Tutora de Tesis**

## **Dedicatoria**

A Dios, por habernos permitido llegar hasta este punto y darnos la salud para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A nuestros padres, por ser el pilar fundamental en lo que somos, en toda nuestra educación, por su incondicional apoyo ya que todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

A nuestros maestros, por su apoyo en el transcurso de la carrera, en especial a Ing. Mariliana Videa por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis.

## Resumen

La agricultura es una de las principales actividades económicas de Nicaragua, el maíz es uno de los rubros más predominantes dentro de la agricultura. Cabe destacar que el plátano es un rubro que en los últimos años ha venido creciendo su producción, debido a la demanda de la población como un sustituto de la tortilla, además lo que ha sido una importante fuente de ingresos y empleos para las familias nicaragüenses.

Las tortillas son el principal producto alimenticio en Nicaragua y forma parte de la dieta de todos los estatus sociales. El objetivo de esta investigación fue estudiar las características físicas, químicas y sensoriales de las tortillas elaboradas a base de mezclas de plátano y maíz para determinar en qué proporción el plátano puede ser sustituida sin afectar la calidad de la tortilla. Se elaboró harina de maíz y plátano, con el fin de darle un valor agregado al plátano, ya que la mayor parte de este producto es exportada en materia prima a otros países, sin darle un valor agregado.

Las harinas de maíz y plátano fueron mezcladas para obtener las siguientes tres mezclas: M1= 70/30, M2= 50/50 y M3= 60/40, % de maíz y plátano respectivamente. Se determinó color y textura de tortillas a tres tiempos de almacenamientos con el objetivo de ver los cambios en cada tiempo. Para llevar a cabo dicha investigación se utilizó un instrumento (encuesta) y la técnica de la observación para la recolección de información primaria.

Para el análisis de las variables de las mezclas de harinas, masa y tortillas, se observó que las mezclas que más se acerca a las características físicas, fisicoquímicas y tiempo de almacenamiento de las tortillas testigo, fue la mezcla M1= 70/30 (porcentaje de harina de maíz y harina de plátano respectivamente) ésta fue la que presentó mejor atributo a diferencia de las otras formulaciones (50/50; 60/40).

Con base a los resultados se puede concluir que la mezcla de harinas 70/30 (Tratamiento M1) puede ser usada para producir tortillas sin afectar preferencias.

Con el análisis sensorial, se logró identificar que el atributo mejor evaluado por los consumidores fue la textura de la tortilla elaborada con esta mezcla.

En cuanto a los costos de producción de la mezcla seleccionada, para producir 100 bolsas de harina de plátano en combinación con harina de maíz se necesitan 52.45 kg de plátano que son 195 unidades y 28 kg de harina de maíz. Se necesita invertir C\$1624.27 para la producción de 100 bolsas de harina mezclada, logrando un costo por unidad de tortilla de C\$ 1.29. Una vez obtenido dichos resultados se recomienda hacer un estudio de prefactibilidad para determinar los costos específicos para llevar a cabo el proyecto y utilizar un molino industrial con el fin de obtener un mejor rendimiento en la producción.

## Contenido

I. INTRODUCCION.....	1
II. ANTECEDENTES.....	2
III. JUSTIFICACIÓN.....	4
IV. OBJETIVOS.....	5
4.1 Objetivo General .....	5
4.2 Objetivos Específicos .....	5
5.1. Composición química del plátano .....	6
5.6. Producción Agrícola en Nicaragua.....	7
5.2. Producción de Plátano en Nicaragua.....	8
5.3. Procesamiento del plátano .....	9
5.4. Harina de maíz.....	10
5.5. Proceso de elaboración de harina de plátano .....	10
5.7. Incidencia del cambio climático en la producción agrícola en Nicaragua.....	14
5.8. Pruebas sensoriales.....	14
5.9. Cálculo de costos.....	17
VI. HIPÓTESIS.....	18
VII. Análisis y presentación de resultados.....	19
7.1. Ubicación del Estudio.....	19
7.2. Tipo de Estudio .....	19
7.3. Resultados de actividades por Objetivos .....	20
7.3.1. Caracterización de la materia prima .....	20
7.3.2. Determinación de la mejor combinación de harina de Plátano y harina de maíz nixtamalizado .....	32
7.3.3. Comparación de las tortillas elaboradas con la mezcla seleccionada con respecto a las tortillas de maíz tradicionales.....	41
7.3.4. Determinación de rendimiento del proceso .....	44
7.4. Costos de producción .....	55
VIII. Conclusiones .....	58
IX. Recomendaciones .....	60
X. Bibliografía .....	61
XI. Anexos.....	66



## Índice de Tablas

Tabla 1. Composición química de la pulpa de plátano en diferentes estados fisiológicos. Composición por cada 100 g de fruta fresca. ....	7
Tabla 2. Sistema de clasificación de bananas de acuerdo con el grado de maduración.....	21
Tabla 3.Resultados de Acidez titulable .....	24
Tabla 4. Resultados de sólidos solubles .....	25
Tabla 5.Resultados del índice de madurez .....	26
Tabla 6.Resultados de Longitud.....	27
Tabla 7.Resultados de Perímetro.....	28
Tabla 8.Resultados de Diámetro .....	29
Tabla 9.Resultados de Materia seca .....	30
Tabla 10. Resultados de firmeza.....	31
Tabla 11.Resumen de pruebas para selección de la mejor fórmula.....	33
Tabla 12.Análisis de varianza de los atributos evaluados en las tres formulaciones de tortillas.....	37
Tabla 13. Análisis de varianza de los atributos evaluados en las tres formulaciones de tortillas tres horas después de elaboración .....	39
Tabla 14.Análisis de varianza de los atributos evaluados en las tres formulaciones de tortillas.....	41
Tabla 15.Prueba T de los atributos evaluados en las formulaciones de tortillas. ....	44
Tabla 16.Resumen de Rendimiento .....	52
Tabla 17. Costos de Producción y precio por unidad. ....	56
Tabla 18. Costos de producción para harina en un proceso con mejores rendimientos.....	57

## Índice de figuras

Figura 1 Diagrama de flujo de procesamiento de harina de plátano .....	13
Figura 3 Ubicación del estudio .....	19
Figura 4. Sistema de clasificación de bananas de acuerdo con el grado de maduración.....	21
Figura 5. Plátanos en estado de maduración 3. ....	22
Figura 6.Prueba de acidez titulable .....	23
Figura 7.Análisis Sensorial para determinar mejor formulación .....	32
Figura 8.Pruebas de antioxidantes realizadas a plátanos. ....	34
Figura 9.Evaluación de pardeamiento en tortillas.....	34
Figura 10. Plátanos sumergidos en metabisulfito de Sodio.....	35
Figura 11. Tortillas a partir de combinación de harina de plátano y maíz. ....	35
Figura 12.Comparación entre las fórmulas propuestas para la elaboración de tortillas. ....	36
Figura 13.Comparación entre las fórmulas propuestas para la elaboración de tortillas. (Tres horas) .....	38
Figura 14.Comparación entre las fórmulas propuestas para la elaboración de tortillas. (Seis horas).....	40
Figura 15.Análisis sensorial para comparación final de tortillas. ....	42
Figura 16.Comparación entre la fórmula seleccionada y la muestra testigo para la elaboración de tortillas.....	43
Figura 17. Diagrama de entradas y salidas.....	45
Figura 18. Proceso de Secado .....	54
Figura 19. Tajadas de plátano después del proceso de secado. ....	54
Figura 20.Proceso de Molienda.....	55

## Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Rendimiento de la producción .....	11
Ecuación 2. Cálculo de acidez titulable .....	23
Ecuación 3.Cálculo del Índice de madurez .....	26
Ecuación 4.Cálculo del diámetro de una circunferencia .....	28
Ecuación 5. Contenido de humedad .....	30
Ecuación 6.Contenido de materia seca .....	30
Ecuación 7.Ecuación de balance de materia.....	45
Ecuación 8.Ecuación general de balance de Energía. ....	52
Ecuación 9.Cálculo de cantidad de calor .....	52

## I. INTRODUCCION

La Harina, término proveniente del latín *farina* es el polvo fino que se obtiene del cereal molido (trigo, cebada, centeno y maíz) y de otros alimentos ricos en almidón como arroz, tubérculos y legumbres. También se le llama harina al polvo al que quedan reducidas ciertas materias sólidas al ser trituradas, machacadas o molidas.

Las harinas tienen múltiples aplicaciones en la industria alimentaria y se utilizan habitualmente en repostería, mezcladas con grasas y aceites, azúcar y otros componentes como el cacao, la vainilla y otras esencias. Con ellas se prepara una gran variedad de productos que incluye pasteles, tortas, bizcochos, galletas, rosquillas y hojaldres. Asimismo se emplean para elaborar pastas, para lo cual se usan harinas de trigo duro, si bien en algunos países se dispone también de pastas hechas a partir de la harina de soja (Martínez, 2009).

Tradicionalmente la harina de plátano se utiliza para elaborar platos típicos de alimentación básica de los pobladores de zonas plataneras tales como: sopas, puré, papillas y atol. Alternamente, basados en el valor nutritivo y funcional del plátano se están desarrollando investigaciones para agregarle valor nutricional a los productos típicos y autóctonos basados en harinas de maíz (Valle, 2013).

La elaboración de tortillas en América Central es probablemente el trabajo que más tiempo y esfuerzo diario exige a la mujer rural y a muchas que viven en la Zona Urbana. Agregando también el trabajo que lleva desde nesquizar el maíz, lavarlo e ir a molerlo (Rivera, 2013).

La presente investigación se realizó con el fin de desarrollar harina de maíz en combinación con harina de plátano, para darle un aprovechamiento al plátano que es una musácea de gran producción en la zona norte y pacífica de Nicaragua. Y de esta manera se elaboraron tortillas que se evaluaron de forma sensorial por medio de degustaciones, donde se determinó la aceptación de las mismas por los consumidores.

## **II. ANTECEDENTES**

Según la bibliografía consultada, no se encuentran estudios realizados sobre la combinación de la harina de plátano con harina de maíz que sea utilizada para la elaboración de tortillas para el consumo de la población en general, sin embargo, hay investigaciones en relación con la temática, que dan a conocer la aceptación de este tipo de productos por las personas.

En septiembre 2006 estudiantes de UNAN León realizaron una tesis para optar al título de ingeniero en alimentos la cual consistía en la Elaboración de harina de plátano de la variedad Cuerno, según los resultados obtenidos demostraron que es factible tecnológicamente el aprovechamiento del plátano de la variedad cuerno para producción de harina de plátano (Càceres, Duarte, Quintana, & Machado, 2006).

En el año 2012 en la ciudad de México se realizó un estudio sobre la composición química y digestibilidad del almidón, en tortillas adicionadas con harina de plátano inmaduro y yuca, en el cual se concluyó que por los cambios en la composición química y la digestibilidad del almidón, las tortillas elaboradas con harinas de fuentes no convencionales, podrían ser una alternativa para la población con requerimientos dietéticos especiales (Aparicio-Saguilan, Díaz, Agama-Acevedo, Islas-Hernández, & Bello-Pérez, 2012).

En el año 2013, Vásquez López, estudiante del colegio de postgraduados de la Ciudad de México realizó una tesis sobre la evaluación de Harina de malanga y maíz para la elaboración de Tortillas, la cual dio como resultado que la mezcla idónea para elaborar las tortillas de este tipo, es la combinación 30/70%, donde el 30% pertenece a la harina de malanga y un 70% a la de maíz que podía ser utilizada para producir tortillas sin afectar preferencias (López, 2013).

Entre el periodo de junio 2015 a noviembre 2016, se realizó un estudio por parte de estudiantes de la facultad de Ciencias Agronómicas de La Universidad de El Salvador, el cual consistía en evaluar la sustitución de la harina de trigo por harina de plátano en la elaboración de formulaciones de empanizadores para

pollo, se prepararon cuatro porcentajes de sustitución 25%,50%,75% y 100% harina de plátano. En cuanto a los resultados no existieron diferencias significativas entre las preferencias de los atributos de olor, sabor y textura (Alvarado, Arévalo, & Herrera, 2017)

### **III. JUSTIFICACIÓN**

Debido a los cambios climáticos la producción de maíz en Nicaragua se está reduciendo y las cosechas han bajado sus rendimientos, por esta razón es necesario buscar soluciones para que la seguridad alimentaria y nutricional de los consumidores no se vea afectada en gran manera (Araúz, Araúz, Navarro, & Martínez, 2011).

Además, el plátano es una materia prima a la cual no se le está dando un valor agregado, ya que esta solo se utiliza para exportación o para consumo directo de los pobladores nicaragüenses.

La agroindustria es una alternativa para superar los problemas que afectan la producción de granos en el país; fue necesaria la realización de esta investigación donde se pudo encontrar una manera de desarrollar un producto, el cual puede satisfacer las necesidades del consumidor y ser una opción para enfrentar a las bajas producciones que se están presentando a causa del cambio climático, sin que las tortillas tradicionales pierdan su valor nutricional dentro de la dieta de los nicaragüenses.

La cadena de valor agregado en Nicaragua para el plátano es muy deficiente, toda la producción existente es para exportación y otra parte para consumo directo. Con respecto al maíz este grano básico ha tenido muchas variaciones en la estabilidad del mercado, por lo cual es un problema para las amas de casa que elaboran tortillas. Todavía no se produce ni se comercializa ningún tipo de harina que sea 100% harina de plátano o que contenga cierto porcentaje de esta para el uso alimentario. De acuerdo a la revista (Unisima, 2012), la harina de plátano como tal es rica en almidón resistente, un tipo de carbohidrato que tiene propiedades que actúan en el cuerpo y que son similares a las fibras.

Al desarrollar esta investigación se logró proponer una alternativa a la falta de maíz o la variabilidad de su precio, para la elaboración de tortillas y así los pobladores no tendrían que dejar de consumirlas por falta de materia prima, además que de esta manera se agrega el valor nutricional y energético que aporta el plátano a la dieta diaria (Palacín, 2012).

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo General**

- ✓ Elaborar harina de plátano con mezcla de harina de maíz utilizando tres formulaciones para ser utilizada para la producción de tortillas, caracterizando la materia prima, comparando las formulaciones por medio de análisis sensorial y determinando el rendimiento con balances de materia y energía.

### **4.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Caracterizar la materia prima que se utilizará en el proceso, por medio de análisis físicos y químicos en el laboratorio, para determinar las especificaciones de la misma que pueda ser usada en la elaboración de harina.
- ✓ Determinar la formulación más apropiada de harina de plátano y harina de maíz nixtamalizado, por medio de análisis sensorial, para establecer la formulación que conserve las características físicas y organolépticas de la harina para tortillas.
- ✓ Comparar las tortillas elaboradas con la mezcla seleccionada respecto a las tortillas obtenidas a base de maíz, por medio de evaluación sensorial para determinar la aceptación por los consumidores.
- ✓ Determinar el rendimiento de masa, consumo energético y producción de desechos para la formulación de harina seleccionada, por medio de balances de materia y energía.



## **V. MARCO TEÓRICO**

### **5.1. Composición química del plátano**

El carbohidrato dominante en los plátanos verdes es el almidón, que en la fruta madura es reemplazado, en gran parte por sacarosa, glucosa y fructosa. La maltosa también ha sido encontrada en pequeñas cantidades. Los azúcares están presentes en las frutas verdes solo en cantidades muy pequeñas promediando de 1 – 2% de la pulpa tierna, aumentando de 15 – 20% en la madurez (Maradiaga, Quintana, & Sanchez, 2011).

La acidez de la pulpa, alcanza el máximo en el climaterio o poco después y por lo general causa luego, un ligero descenso a medida que la fruta madura. El ácido oxálico excede al málico y al cítrico en la fruta verde, pero declina con la maduración, convirtiéndose el málico en el principal componente (Maradiaga, Quintana, & Sanchez, 2011).

Los frutos de plátanos (*Musas ssp*) son utilizados por sus propiedades funcionales, en dietas especiales, donde es necesaria la facilidad de digestibilidad, el bajo nivel en grasas, altos niveles en minerales y vitaminas. La cáscara de plátano podría ser considerada una fuente de alimento funcional contra el cáncer y las enfermedades del corazón por ser rico en galocatequina (Palacín, 2012)

La composición química del fruto de plátano en diferentes estados de maduración se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición química de la pulpa de plátano en diferentes estados fisiológicos. Composición por cada 100 g de fruta fresca.

Componente	Unidad	Endocarpio de plátano	
		Inmaduro	Maduro
<b>Energía</b>	Kcal	99	122
<b>Agua</b>	G	63	65
<b>Proteína</b>	G	0.8	1.3
<b>Lípidos totales</b>	G	0.1	0.37
<b>Carbohidratos</b>	G	24.3	32
<b>Fibra dietética</b>	G	5.4	2 – 3.4
<b>Na<sup>+</sup></b>	Mg		4
<b>K<sup>+</sup></b>	Mg		500
<b>Ca<sup>++</sup></b>	Mg	7	3
<b>Mg<sup>++</sup></b>	Mg	33	35
<b>P</b>	Mg	35	30
<b>Fe</b>	Mg	0.5	0.6
<b>Cu</b>	Mg	0.16	
<b>Zn</b>	Mg	0.1	
<b>Mn</b>	Mg	15	
<b>Eq. β-Carotenos</b>	μg	0.03 – 1.2	390 – 1095
<b>Vitamina C</b>	Mg	20	20
<b>Riboflavina</b>	Mg	0.05	0.04
<b>Niacina</b>	Mg	0.7	0.6

Fuente: (Aurore, Parfait, & Fahrasman) citado por (Palacín, 2012)

## 5.6. Producción Agrícola en Nicaragua

Nicaragua es un país fundamentalmente agrícola. La mayor parte de la población vive de la tierra. Los productos más importantes que se cultivan son el maíz, los frijoles y el arroz que son la base de la alimentación de los nicaragüenses (Índice de Desarrollo Nicaragua, 2010).

La producción agrícola sostiene más del 18 por ciento del Producto Interno Bruto (PIB) de nuestro país. Invertir un dólar en este sector ahora es más rentable que en cualquier otro, lo que demanda al gobierno ajustar sus políticas para que esto se refleje en menos discursos y en una garantía efectiva de la seguridad alimentaria y el bienestar social, además de una batalla efectiva contra la pobreza.

Nicaragua produce unos 12 millones de quintales de maíz, de los que 10 millones son para consumo interno y los otros 2 millones para exportarlos, unos 166,567 pequeños productores producen maíz blanco para su autoconsumo, principalmente, y la gran mayoría selecciona sus mejores granos para utilizarlos como semilla para su próxima cosecha, según datos del IV Censo Agropecuario realizado en el año 2011 (El Nuevo Diario, 2013).

## **5.2. Producción de Plátano en Nicaragua**

El plátano es un cultivo que se adapta a la mayoría de terrenos tropicales. Produce frutos todo el año. Asegura continuos ingresos que permiten solvencia económica a todos los productores.

Existen muchas variedades de plátanos que se cultivan en Nicaragua como: curare enano, FHIA 21 entre otras. En la actualidad, esta variedad ha sobresalido en la producción debido al mayor número de dedos (plátanos) por racimo.

Del plátano se pueden extraer infinidad de sub- productos como alcohol, harina, vino, vinagres, puré, almidón, rebanadas fritas y tostadas; también otros sub-productos ricos en azúcares y proteínas. Además el plátano puede ser aprovechado como suplemento alimenticio para animales bovinos (Macotto & Masis, 2009).

En Nicaragua el Departamento de Rivas se ha caracterizado por ser el mayor productor de plátano, a la fecha en el conjunto de sus diez municipios se produce el 80 % de la producción nacional que equivale a más de 30, 000 toneladas sólo para la época alta de producción. En esta zona se cultivan alrededor de 10,186

mz. El plátano es una importante fuente de ingresos y empleos en el departamento.

La producción local de Rivas más la producción de las zonas de Chinandega cubre la demanda del mercado nacional con holgura, lo que justifica una baja de precios para los productores en el departamento (Macotto & Masis, 2009).

### **5.3. Procesamiento del plátano**

El plátano puede ser consumido verde o maduro. El interior de la fruta es cremoso, amarillo claro o rosa. Cuando la piel es verde o semi- amarilla, el sabor de la pulpa es insípido y la textura es almidonada. A medida que la piel se vuelve café o negra, tiene un sabor más dulce y más parecido al banano, aunque mantiene una textura firme si se cocina.

El plátano ha sido utilizado desde tiempos muy antiguos en una gran variedad de platos. Se utiliza como un alimento similar a las papas. El plátano se consume principalmente cocinado cuando aún está verde. Se cocina hervido, frito, al vapor o en otras fórmulas de procesamiento como por ejemplo, los chips (patacones, chifles, tostones) (Zevallo, 2015) Cuando está verde (sazón, poco antes de madurar), la forma más común de consumir el plátano es luego de freírlo, y hay esencialmente dos opciones. Una de ella es hacer tostones, y la segunda forma es cortar el plátano de forma horizontal (transversal), obteniendo rebanadas largas. Estas rebanadas son conocidas como tajadas. Otra forma menos trabajosa y más rápida de preparación, es hervir el plátano verde (Barbeau, 1990).

A nivel industrial (Flores del Valle, 2013) propone procesar el plátano ya sea verde o maduro en harina para consumo humano y animal, pastas, frituras, tostones, tostones congelados, plátanos pelados conservados por frío. Además, plantea otras opciones como vinagre, licores, cervezas y postres a partir de plátano maduro.

#### **5.4. Harina de maíz**

La harina de maíz es el polvo más o menos fino, que se obtiene de la molienda del grano seco del maíz. Puede ser integral, por lo que presenta un color amarillo o refinado en cuyo caso es de color blanco. Está formado fundamentalmente por almidón y de zeína, un tipo de proteína (Nicaragua, 2016).

La principal ventaja de la harina de maíz, con respecto a otras harinas como las de trigo, cebada, centeno o avena, es el hecho de carecer de gluten por lo que resulta adecuada para las personas con enfermedad celiaca o intolerancia al gluten. Esto permite preparar una serie de platos que son adecuados para este tipo de enfermos. Por otra parte, por el hecho de carecer de gluten no puede utilizarse este tipo de harina como ingrediente exclusivo en la fabricación de pan si no se combina con otras harinas panificables (trigo, cebada, centeno o avena). Esto no implica que no sea utilizado como “pan” básico en algunas culturas, utilizan diferentes técnicas para conseguir su digestibilidad (Ramos, 2013).

La harina de maíz presenta, al igual que el grano de esta planta, deficiencias en aminoácidos, por eso muchas veces se le añaden suplementos de los mismos para aumentar sus propiedades alimentarios, especialmente triptófano. Por otra parte este tipo de harina es una buena fuente de hidratos de carbono, minerales (magnesio, fósforo, hierro, selenio y cinc) de vitamina B, especialmente Tiamina, Vitamina E y Vitamina A. la harina de maíz preferida por el consumidor es la blanca que, cuando no está enriquecida carece de vitamina A y de fibra, pues ambos componentes desaparecen con el refinado (Botanica Online, 2016).

#### **5.5. Proceso de elaboración de harina de plátano**

A continuación se detalla el proceso de elaboración de harina de plátano según lo plantea (Fierro & García, 2010).

**Recepción de la materia prima:** En esta etapa se verifica que la materia prima no tiene un diámetro menor a 4.4 cm; todas las frutas están libres de defectos físicos visibles y no hay frutas con forma extraña, se verifica el color, grado de

madurez y afectaciones microbianas y patógenas. Se verifica que la cantidad de materia prima corresponde a la producción del día (pesado). Se retiran las frutas defectuosas.

**Pesado:** Se debe de realizar en cada una de las operaciones en las que se cuantifican entradas o salidas, ya sea como materia prima, insumos, residuos o desechos. Cada uno de los pesos deben registrarse para obtener el rendimiento del proceso, este expresa la eficiencia del mismo, y se calcula como:

Ecuación 1. Rendimiento de la producción

$$\text{Rendimiento} = \text{Salida} / \text{Entrada}$$

**Escaldado y pelado:** Las frutas después de lavadas son peladas de forma manual utilizando cuchillos de acero inoxidable (se pesa la pulpa y los desechos para llevar registros) Como desecho quedan las cáscaras. Otra forma de hacer el mondado más fácil y con menores perdidas, es a través de un escaldado previo de los plátanos, sometiéndolos a una temperatura de 70 – 100 °C por un tiempo de 1 a 3 minutos, en esta operación se da un calentamiento local intenso en la superficie que desorganiza los tejidos y permite la separación de la piel fácilmente.

**Cortado:** Los plátanos pelados se cortan con la máquina troceadora para obtener trozos más pequeños en forma de tajada, este paso es necesario para aligerar el proceso de secado.

**Secado:** Reducidos en rodajas, serán colocados en las bandejas al nivel, para ser trasladados a la deshidratadora o secadora con el fin de extraer la humedad y someterlo a un secado a temperatura de 75°C por 30 min hasta que el producto tenga un contenido de humedad aproximado al 5%.

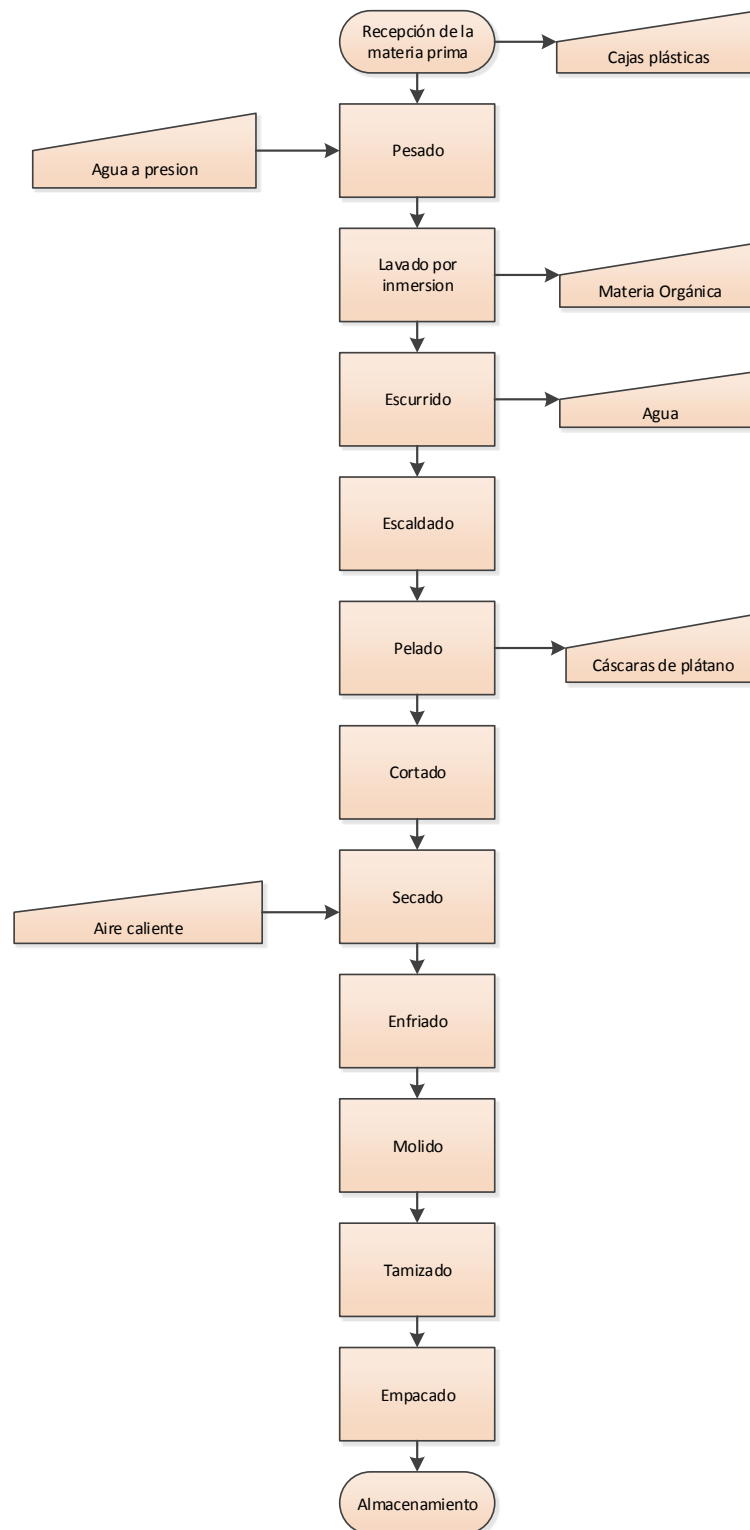
**Molido:** se deja que se enfríe el producto, para proceder con la molienda, de la cual se obtiene partículas pequeñísimas o el polvo que será la harina.

**Tamizado:** La harina que se obtiene tiene diferentes tamaños de partícula, por lo que, la totalidad del producto se debe hacer pasar por un tamiz para obtener las diferentes fracciones por separado. De esta forma se llega a obtener un producto más fino.

**Almacenamiento:** La harina no se debe almacenar a temperaturas superiores al 15°C porque favorece la proliferación de insectos y provoca apelmazamiento en la misma (ASECONSA, 2010).

## Diagrama de flujo

Figura 1 Diagrama de flujo de procesamiento de harina de plátano





## **5.7. Incidencia del cambio climático en la producción agrícola en Nicaragua.**

El cambio climático es un tema de importancia para todo el mundo en especial para los países en desarrollo que dependen de los bienes producidos de la tierra, ya que este fenómeno afecta los recursos naturales de manera directa, por ende, la agricultura es perturbada también por los efectos de las distintas variaciones de cambio climático. Nicaragua como país en vías de desarrollo y altamente dependiente de la agricultura es severamente afectada por los diversos estragos provocados por las variaciones del clima que cada vez son más frecuentes e inclementes (Tapia & Mayorga, 2015).

En la mayoría de las regiones agrícolas de Nicaragua, las sequías traen con frecuencia grandes daños para la población, pudiendo disminuir el rendimiento de los cultivos de un 20% a un 30% y a veces de un 40% a un 50%.

La sequía se presenta en las regiones del pacífico, norte y central de Nicaragua, en las cuales se concentran la mayor parte de las tierras que son utilizadas para la agricultura y que son susceptibles a la sequía (Araúz, Araúz, Navarro, & Martínez, 2011).

## **5.8. Pruebas sensoriales**

La evaluación sensorial es definida como una disciplina científica, que permite medir, analizar e interpretar las reacciones ante aquellas propiedades que caracterizan a ciertos alimentos y materiales, tal a como se perciben a través de los sentidos de la vista, el olfato, el tacto y el gusto. La metodología empleada en este tipo de evaluaciones está relacionada con tratamientos estadísticos que permiten la toma de decisiones para diferentes datos.

Las pruebas empleadas para determinar las diferencias entre productos o para medir características sensoriales se conocen como pruebas orientadas al producto y se realizan con pequeños paneles entrenados. Sin embargo de

acuerdo a lo establecido en Métodos sensoriales básicos en la evaluación de alimentos por (B.M.Watts, Ylimaki, & L.G.E, 1992) se necesita un panel no entrenado para pruebas orientadas al consumidor de entre 100 a 500 personas; Se explica que “Debido a que este proceso es caro y requiere bastante tiempo, frecuentemente se utilizan paneles internos de consumidores en la etapa inicial de los estudios de aceptabilidad de un producto”. Esto permite que sea más organizado y puede estar integrado por personas de la misma organización, este tipo de panel puede estar integrado por 30 a 50 panelistas no entrenados, para desarrollar la evaluación sensorial, ellos son importantes en la identificación entre los productos para medir la intensidad de características tales como: color, olor, sabor, textura entre otros.

### **Tipos de pruebas organolépticas**

Existen dos clasificaciones principales de pruebas sensoriales: pruebas orientadas al consumidor (o afectivas) y pruebas orientadas al producto (o analíticas) (Dadzie & Orchard, 1997).

#### **✓ Pruebas orientadas hacia el consumidor o afectivas**

Las pruebas orientadas hacia el consumidor o afectivas se utilizan para evaluar la preferencia (por ejemplo, prueba de preferencia emparejada) o el grado de satisfacción (por ejemplo, escala hedónica) y/o la aceptación y/o las opiniones sobre los productos. Generalmente, para tales evaluaciones se necesita una gran cantidad de personas. Puede ser utilizado un mínimo de 24 panelistas; sin embargo, usualmente se considera adecuado utilizar de 50 a 100 personas. A diferencia de las pruebas analíticas, estos panelistas son personas no entrenadas, seleccionadas al azar, representativas de una población objetivo. Los panelistas se seleccionan de acuerdo a un número de criterios, entre los cuales pueden ser incluidos los siguientes: uso previo del producto, edad, sexo, nivel económico o social, área geográfica, etc.

### ✓ **Pruebas orientadas al producto o analíticas**

Las pruebas orientadas al producto o analíticas se utilizan para las evaluaciones en laboratorio de los productos en términos de diferencias o similitudes y para la identificación y cuantificación de las características organolépticas. Existen dos tipos principales de pruebas analíticas: discriminativas y descriptivas. En ambas se emplean panelistas experimentados y/o entrenados. Los panelistas potenciales se seleccionan por características personales deseables, interés y habilidad para discriminar las diferencias y generar resultados reproducibles. La capacitación posterior familiariza a los panelistas con los procedimientos de la prueba y aumenta su habilidad para reconocer, identificar y recordar características organolépticas. En efecto, los panelistas son personas entrenadas para funcionar como instrumentos analíticos humanos.

**Las pruebas discriminativas** consisten de pruebas de diferencia y de sensibilidad:

- (a) Las pruebas de diferencia (por ejemplo, comparación emparejada, duo-trio, triángulo, prueba de rangos, etc.) miden simplemente si las muestras son diferentes. Estas pruebas contestan la pregunta: ¿existen algunas diferencias percibidas entre las muestras?
- (b) La prueba de sensibilidad mide la habilidad de los individuos para detectar características organolépticas.

**Las pruebas descriptivas** (por ejemplo, tanteo, valoración) contestan la pregunta: ¿cuáles son las características organolépticas percibidas y sus intensidades relativas? Estas pruebas miden características cualitativas y/o cuantitativas (Dadzie & Orchard, 1997).

## **5.9. Cálculo de costos**

El cálculo de costo es una herramienta fundamental si se pretende trabajar eficientemente. Algunos creen que solo sirve para determinar cuál es el precio más apropiado, restando la importancia ya que en muchos casos se debe de acomodar a los precios que pone la competencia. Sin embargo, el conocimiento de los costos es útil para determinar la eficiencia con la que se trabaja, precisar el momento en que es recomendable cambiar una determinada máquina, analizar alternativas de manejo, reconocer la incidencia que una determinada práctica, así como la modificación del sistema comercial o de la operatoria sobre la distribución de los costos, etc.

La concreción de un buen cálculo de costo nos obliga conocer la planta con mayor profundidad y medir con precisión los consumos y rendimientos. (Uk Essays, 2015)

## **VI. HIPÓTESIS**

La harina de maíz en combinación con harina de plátano, en la elaboración de tortillas tradicionales, tiene iguales o mejores características físicas y sensoriales que las tortillas elaboradas con harina de maíz nixtamalizado.

## **VII. Análisis y presentación de resultados**

### **7.1. Ubicación del Estudio**

El estudio se llevó a cabo a escala de laboratorio en la universidad Nacional de Ingeniera Recinto Universitario Augusto Cesar Sandino sede norte, ubicado en el departamento de Estelí, del mismo municipio.

Figura 2. Ubicación del estudio



Fuente: (Google Maps, 2016).

### **7.2. Tipo de Estudio**

De acuerdo al periodo y secuencia del estudio, la investigación es transversal, debido a que el tiempo no es un factor fundamental que determinen los fenómenos que ocurren, las variables se estudian en un determinado momento y no se les da seguimiento en el tiempo (Pineda, Alvarado, & Canales, 1984).

La investigación que se desarrolló es de tipo experimental, consistió en la experimentación por medio de muestras de maíz y plátano, ya que fue necesario

formular la cantidad necesaria de cada materia prima para la elaboración de un producto final de calidad, que cumpla con las características físicas específicas para la elaboración de tortillas. Además fue evaluada sensorialmente por un panel de posibles consumidores que determinaron las diferencias con las tortillas elaboradas a base de maíz (Sampieri, Collado, & Lucio, Metodología de la Investigación , 2010).

La investigación es de tipo mixta, es decir cuantitativa y cualitativa, ya que fue necesario como investigadores interactuar de manera directa con las personas que brindaron información y la respuesta que dieron sobre la aceptación del producto que se está elaborando. En dicha investigación se necesitó saber la aceptabilidad que llegó a tener la harina que se elaboró y la opinión de las personas entrevistadas sobre el producto que degustaron, para lograr este resultado se utilizó una hoja de análisis sensorial.

Por otra parte es cuantitativa ya que como investigadores fue necesario precisar datos estadísticos para mostrar la aceptación y así por medio de gráficos y pruebas de hipótesis conocer la aceptabilidad del producto (Sampieri, Collado, & Lucio, Metodología de la Investigación, 2010).

### **7.3. Resultados de actividades por Objetivos**

#### **7.3.1. Caracterización de la materia prima**

Para el cumplimiento de este objetivo se tomaron en cuenta las características físicas del plátano, se seleccionó el plátano en estado de madurez intermedio (pintón), con un color verde – amarillo (Estado de maduración 3), para lo cual se utilizó como referencia la Figura 3. Sistema de clasificación de bananas de acuerdo con el grado de maduración.

Figura 3. Sistema de clasificación de bananas de acuerdo con el grado de maduración



Fuente: (Soto Ballester, 1992) citado por (Silva & Melo, 2003).

La figura indica los grados de maduración de plátanos, como se explica en la tabla 2.

Tabla 2. Sistema de clasificación de bananas de acuerdo con el grado de maduración.

Estado de maduración	Características del plátano
1	Verde
2	Verde claro
3	Verde – amarillo
4	Mas amarillo que verde
5	Amarillo con puntas verdes
6	Totalmente amarillo
7	Amarillo con puntas marrón

Fuente: (Soto Ballester, 1992) citado por (Silva & Melo, 2003).

Los plátanos utilizados son los de la variedad Gigante. Para cada prueba físico química que se realizó se tomó una muestra de 5 plátanos, en estado de



maduración 3 (maduración pinto Verde-amarillo), como se muestra en la siguiente figura:

Figura 4. Plátanos en estado de maduración 3.



Se hicieron pruebas físico químicas al plátano para definir las características que debe poseer la materia prima para la elaboración de la harina.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

➤ **Contenido en acidez**

Este se encuentra de acuerdo con metodología propuesta por el Instituto Politécnico Nacional (IPN) de México en su Manual de Prácticas de Ciencia y Tecnología de Alimentos III (Suazo, y otros, 2008) de la siguiente manera:

- Se inició pesando 30 g del tejido de la pulpa y se colocó en un mezclador, añadiendo 90 ml de agua destilada. Luego se licuó la mezcla por 2 minutos y se filtró.
- Se transfirieron 25 ml de filtrado en un frasco cónico de 125 ml.
- Se añadieron 25 ml de agua destilada y 4-5 gotas de indicador de fenolftaleína.
- Se llenó una probeta de 25 ml de capacidad con 0.1 N de hidróxido de sodio (NaOH) y se ajustó la marca cero después de eliminar las burbujas.

- Luego se tituló con 0.1 N de hidróxido de sodio hasta que el indicador cambió su color a rosado/rojo como se muestra en la figura 5.
- Por último, se Registró el volumen titulado del NaOH añadido. Los resultados se expresan en términos del ácido predominante presente. En plátanos, el ácido málico es el predominante. Los resultados están expresados como porcentaje de ácido málico.

Figura 5. Prueba de acidez titulable



Se calculó el porcentaje de acidez con la siguiente formula:

Ecuación 2. Cálculo de acidez titulable

$$Ac_{Tmuestra} = \frac{G \times N \times Peq}{V}$$

Donde:

$Ac_T$  = acidez titulable de toda la muestra de análisis (plátano + agua)

G = gasto de NaOH en mililitros (ml)

N = Normalidad del NaOH

Peq. = Peso equivalente del ácido predominante en el plátano en gramos.

V = Volumen de la muestra en ml.

Los resultados obtenidos de la prueba realizada a los cinco plátanos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.Resultados de Acidez titulable

<b>Acidez titulable</b>		
Muestra	NaOH gastados ml	% Acidez
1	1.5	0.20115
2	1.5	0.20115
3	1.8	0.24138
4	2.3	0.30843
5	1.4	0.18774
Promedio	1.7	0.22797

Los valores obtenidos de acidez titulable son similares en todas las muestras, ya que el porcentaje de ácido málico en los frutos con menos tiempo de cosecha son valores pequeños lo que coincide con (Quiceno, Giraldo, & Villazamar, 2014) quienes reportan que el ácido málico se incrementa durante la vida de las frutas debido a que en la mayoría de ellas en el proceso de maduración, los ácidos orgánicos son respirados o convertidos en azúcares; por el contrario el plátano incrementa los niveles de ácido orgánico durante la maduración ocurriendo aceleradamente el cambio de verde claro a amarillo intenso.

#### ➤ **Contenido en azúcares**

Se midieron los grados Brix. Para ello se usó el refractómetro de 0 – 30° a 25 °C. Se Licuó en un mezclador 30 g del tejido de la pulpa (de la sección transversal de la fruta) en 90 ml de agua destilada, por 2 min. Luego se filtró la mezcla (a través de un papel de filtración). Seguidamente se colocó una gota del filtrado en el prisma del refractómetro y se dirigió el refractómetro hacia una fuente de luz y de esta manera proceder a leer el porcentaje de sólidos solubles totales. El valor registrado se multiplicó por tres (debido a que la muestra inicial de la pulpa ha sido diluida tres veces con agua destilada).

El porcentaje del contenido de sólidos solubles totales de distintas frutas varía dependiendo del estado de madurez, por ejemplo, en los plátanos, el centro de la pulpa, o área locular, usualmente tiene un mayor contenido de azúcares que el tejido cortical. Por lo tanto, para obtener un porcentaje de SST preciso, es necesario tomar varias muestras de pulpa, tanto de la parte central (área locular) como del tejido cortical (Suazo, y otros, 2008). Obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 4

Tabla 4. Resultados de sólidos solubles

<b>Porcentaje de sólidos solubles</b>	
Muestra	° Brix
1	3.9
2	3
3	3.6
4	3
5	2.7
<b>Promedio</b>	<b>3.24</b>

La concentración de sólidos solubles es uno de los factores fisicoquímicos más relevantes en la calidad del fruto. Se puede apreciar que los valores obtenidos en cada una de las muestras son similares, debido al tiempo de cosecha que tienen los frutos.

Los valores reportados de °Brix se asemejan a los valores obtenidos por (Gutierrez, 2013) donde se muestra que los °Brix al momento de cosecha del plátano presentan valores muy similares al orden 2.5 y aumentan durante todo el tiempo de poscosecha.

#### ➤ **Índice de madurez (IM)**

Para el cálculo del índice de madurez, se utilizó según (Chavarría, 2013), la relación de los grados Brix y la acidez titulable.

### Ecuación 3.Cálculo del Índice de madurez

$$IM = ^\circ \text{Brix} / \text{acidez}$$

De la cual se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla

Tabla 5.Resultados del índice de madurez

<b>Índice de madurez</b>	
Muestra	°Brix/acidez
1	19.39
2	14.91
3	14.91
4	9.73
5	14.38
Promedio	14.67

Los resultados de la relación °Brix/acidez demuestran que el índice de madurez encontrado está acorde a frutos con dos o tres días de cosecha, por lo tanto, presentan un estado de maduración inicial.

De acuerdo a (Bosquez, 2014) la madurez fisiológica de los frutos frecuentemente está asociada a muchos cambios en su composición química y algunos de ellos pueden emplearse como indicadores de madurez satisfactorios. La relación °Brix/acidez constituye un índice, incluso legal del estado de madurez ya que los azúcares y la acidez son componentes muy prácticos en poscosecha.

Además, que el plátano durante el proceso de madurez posterior a la cosecha la cáscara cambia de color, es decir, cambia de un color verde oscuro a un verde claro, después a verde amarillento y finalmente a amarillo brillante.

Otras características que se tomaron en cuenta en el estudio, son las características físicas de los plátanos: Tamaño, diámetro, contenido de materia

seca y firmeza de los mismos. De los cuales se muestran los resultados a continuación:

➤ **Longitud de los frutos**

Se midió en centímetros a 6 plátano y luego se obtuvo el promedio de acuerdo con (Flores del Valle, 2013). Obteniendo los datos que se muestran a continuación

Tabla 6.Resultados de Longitud

<b>Longitud externa</b>	
Muestra	Longitud en cm
1	31
2	34
3	37
4	34.5
5	30
6	30
Promedio	32.75

Para determinar la longitud de los frutos se utilizó una cinta métrica y se realizó de la siguiente manera: se determinó midiendo la curvatura exterior de extremo a extremo de cada plátano con la cinta obteniendo los datos expresados en la tabla anterior, donde se muestran que la longitud promedio de los plátanos es de 32.75 cm aproximadamente.

➤ **Diámetro**

El perímetro o circunferencia del fruto está determinado por la medición individual del fruto con una cinta métrica en el punto medio más amplio de cada fruto (Flores del Valle, 2013). Para calcular el diámetro se aplicó la ecuación siguiente:

Ecuación 4.Cálculo del diámetro de una circunferencia

$$D = \frac{P}{\pi}$$

Donde P = es el perímetro en centímetros y D = el diámetro en centímetros.

Para la determinación del diámetro fue necesario medir primero los valores del perímetro, los cuales se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 7.Resultados de Perímetro

Perímetro	
Muestra	Perímetro en cm
1	15.6
2	18
3	18
4	16.8
5	16.2
6	17
Promedio	16.93

Seguidamente se procedió a utilizar la ecuación 4 obteniendo los resultados que se muestran a continuación donde se puede ver que el diámetro promedio de los plátanos es de 5.39 cm aproximadamente.

Tabla 8.Resultados de Diámetro

Diámetro	
Muestra	Diámetro en cm
1	4.97
2	5.73
3	5.73
4	5.35
5	5.16
6	5.41
Promedio	5.39

#### ➤ **Materia seca**

La metodología que se usó es la propuesta por (Dadzie & Orchard, 1997) que consiste en lo siguiente:

- Se etiqueto y pesó un contenedor vacío en una balanza y se registró el peso (A).
- Luego se colocó aproximadamente 30 – 50 g de muestra de pulpa fresca y molida en el contenedor y se registró el peso (B).
- Se colocaron las muestras en un horno de aire circulante a 100 °C durante un día (24 horas).
- Se transfirieron las muestras del horno a un aparato para disecar y refrescar a temperatura ambiente.
- Se pesaron las muestras nuevamente después del secado (C).
- El porcentaje de contenido de humedad y materia seca de la muestra se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Peso fresco de la muestra} \quad (D) = B - A$$

$$\text{Peso de la muestra seca} \quad (E) = C - A$$



Ecuación 5. Contenido de humedad

$$\% \text{ del contenido de humedad} = \frac{D - E}{D} \times 100$$

Ecuación 6. Contenido de materia seca

$$\begin{aligned} \% \text{ del contenido de materia seca} \\ = 100 - (\% \text{ del contenido de humedad}) \end{aligned}$$

Obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 9.

Tabla 9. Resultados de Materia seca

<b>Muestra</b>	<b>Peso inicial g</b>	<b>Materia seca g</b>	<b>Humedad g</b>
1	3	0.985	2.015
2	3	1.085	1.915
3	2.8	0.945	1.855
4	3.1	1.025	2.075
5	3	1.125	1.875
6	3.1	1.225	1.875
<b>Promedio</b>	<b>3.00</b>	<b>1.065</b>	<b>1.935</b>
	<b>% de materia seca</b>	<b>35.5</b>	
	<b>% de humedad</b>	<b>64.5</b>	

El análisis de humedad según (Ureña & Encina, 2007) indica la cantidad de agua que contiene un alimento, lo cual es de gran importancia para la calidad del mismo, debido a que dependiendo de la humedad que posea el alimento será más fácil de conservar y de esta forma podrá tener menos probabilidad de contaminación.

Los resultados obtenidos de la prueba muestran que a mayor peso del fruto es mayor el contenido de humedad.

#### ➤ **Firmeza**

Se determinó en las secciones transversales de la siguiente forma: se hizo un corte transversalmente en el punto medio, 1 cm de tejido de la fruta (es decir, la cáscara y la pulpa), luego se colocó la muestra en una plataforma similar al plexiglás, y por último se midió la fuerza para penetrar 1 cm del tejido con una sonda cilíndrica de 6 mm de diámetro con un penetrómetro manual. El valor registrado fue la fuerza máxima necesaria para que la pulpa cediera a la punta de la sonda de acuerdo con (Dadzie & Orchard, 1997), los datos obtenidos se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 10. Resultados de firmeza

<b>Textura</b>	
Muestra	Presión kg/cm <sup>2</sup>
1	8.40
2	11.50
3	10.00
4	10.10
5	12.00
6	16.00
Promedio	11.33

De acuerdo a (Dadzie & Orchard, 1997) la firmeza de los plátanos podría deberse a la combinación de varios factores, como la turgencia hídrica y los componentes estructurales de los tejidos y células. Los valores altos de firmeza en los plátanos es una gran ventaja, ya que los hace menos susceptibles a los daños mecánicos durante el manejo poscosecha.

Se tomó nota de cada aspecto evaluado preliminarmente para hacer la selección de la materia prima antes del procesamiento. Todos estos datos se recogieron en una hoja de recolección de datos (Ver anexo 1).

### **7.3.2. Determinación de la mejor combinación de harina de Plátano y harina de maíz nixtamalizado**

Primeramente, se procedió a elaborar la harina de plátano. Luego se llevó a cabo la formulación de la mezcla idónea para la elaboración de la harina mixta, en proporciones 50/50, 60/40, 70/30 tomando como referencia los valores de experimentación que se han realizado en la combinación de harina de maíz con harina de malanga que se ejecutó en México en el año 2013 (Vásquez, 2013).

Se utilizó harina MAS TORTILLA, ya que esta se comercializa a nivel nacional a bajo precio y es de fácil obtención, por lo que se reducen costos, se realizó una evaluación a nivel de laboratorio con un análisis sensorial para un panel de degustadores compuesto por 10 jueces. Como se muestra en la figura 6.

Figura 6. Analisis Sensorial para determinar mejor formulación



Para determinar la mejor formulación de harina para tortillas, se realizaron las pruebas sensoriales en intervalos de 3 horas, comenzando cuando las tortillas estaban recién hechas, esto con el objetivo de verificar si se mantienen las propiedades organolépticas en el tiempo y así seleccionar la formula con mejor estabilidad (Anexo 2).

Para esta prueba se tomaron en cuenta los parámetros organolépticos color, olor, sabor y textura, para las tortillas elaboradas a partir de la harina de plátano en combinación con harina de maíz nixtamalizada, como se resume en la siguiente tabla:

Tabla 11. Resumen de pruebas para selección de la mejor fórmula.

<b>Fórmula a evaluar</b>	<b>Parámetros de evaluación</b>	<b>Método de evaluación</b>	<b>Intervalo de tiempo de evaluación (en horas)</b>
50/50 (50% harina de maíz- 50% harina de plátano)	Color Olor Sabor Textura	Análisis sensorial con 10 panelistas  Análisis de varianza de los datos obtenidos	0
			3
			6
70/30 (70% harina de maíz- 30% harina de plátano )	Color Olor Sabor Textura	Análisis sensorial con 10 panelistas  Análisis de varianza de los datos obtenidos	0
			3
			6
60/40 ( 60% harina de maíz- 40% harina de plátano)	Color Olor Sabor Textura	Análisis sensorial con 10 panelistas  Análisis de varianza de los datos obtenidos	0
			3
			6

Se realizaron tres tipos de pruebas al plátano, para evaluar, el pardeamiento de la tortilla, ya que se observaba cambio de color a los minutos de elaborada, las pruebas fueron: Escaldado de las rodajas de plátanos antes del secado, inmersión en metabisulfito de sodio, e inmersión en ácido ascórbico como se muestra en la figura 7. Seguidamente se hizo la evaluación con las tortillas, a las cero horas (recién hechas), tres horas y seis horas de elaboración (Ver figura 8). Donde se pudo observar que las tortillas elaboradas con la prueba de metabisulfito de sodio fueron las que presentaron menos pardeamiento en comparación con las tortillas obtenidas a partir de las otras pruebas.

Figura 7. Pruebas de antioxidantes realizadas a plátanos.



Figura 8. Evaluación de pardeamiento en tortillas.



Para la elaboración de las tortillas combinadas con harina de plátano se utilizó como antioxidante el metabisulfito de sodio en concentración de 0.1%, remojando los plátanos por 20 minutos como se muestra en la figura 9, logrando tortillas que no presentaron pardeamiento desagradable (figura 10).

Figura 9. Plátanos sumergidos en metabisulfito de Sodio.



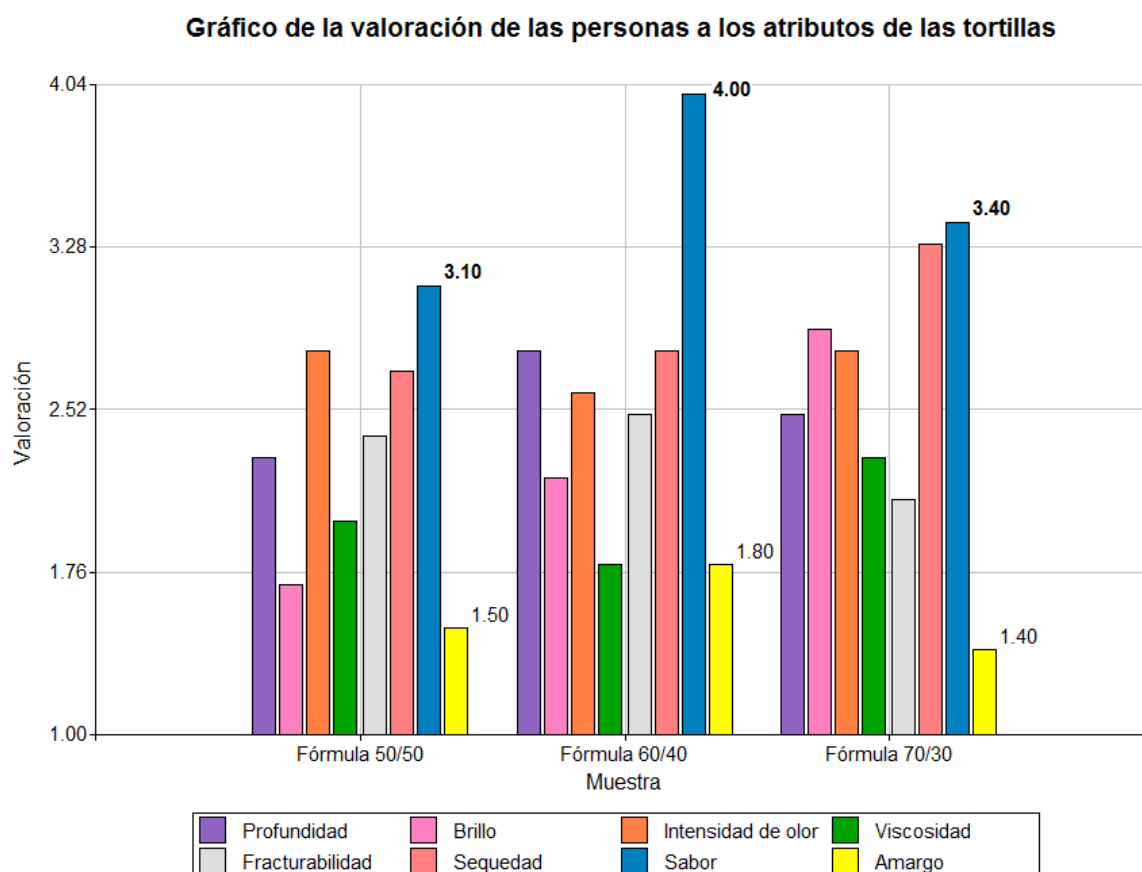
Figura 10. Tortillas a partir de combinación de harina de plátano y maíz.



### ➤ Prueba cero horas de elaboración

En la primera prueba se evaluaron las tres formulaciones con el panel antes descritos, los resultados se presentan a continuación. El color, sabor, olor y textura se desglosaron en ocho atributos que son: profundidad, brillo, viscosidad, sequedad, fracturabilidad, sabor, intensidad del olor y amargo. De forma general en la figura 9 se resume la respuesta de los panelistas a las variables evaluadas para las tortillas recién hechas, en el tiempo cero.

Figura 11. Comparación entre las fórmulas propuestas para la elaboración de tortillas.



Como se observa el atributo mejor evaluado en las tres fórmulas de tortillas fue el sabor, siendo la fórmula 60% harina de maíz y 40% harina de plátano la que según los panelistas presenta mejor sabor en comparación a las demás muestras. De la misma manera, los panelistas no detectaron intensidad en el amargor de las muestras, dándole valores bajos lo que indica que ni la harina de

plátano ni el metabisulfito utilizado como antioxidante le confieren sabor desagradable a las tortillas.

Para encontrar la diferencia estadística entre las muestras se analizaron los datos utilizando análisis de la varianza, como lo muestra la tabla 12.

Tabla 12. Análisis de varianza de los atributos evaluados en las tres formulaciones de tortillas.

Variable/p-valor	Modelo	F	Muestra
<b>Profundidad</b>	0.6578	0.43	0.6578
<b>Brillo</b>	0.0974	2.54	0.0974
<b>Intensidad de olor</b>	0.8593	0.15	0.8593
<b>Viscosidad</b>	0.7666	0.27	0.7666
<b>Fracturabilidad</b>	0.8381	0.18	0.8381
<b>Sequedad</b>	0.4045	0.94	0.4045
<b>Sabor</b>	0.0881	2.66	0.0881
<b>Amargo</b>	0.7010	0.36	0.7010

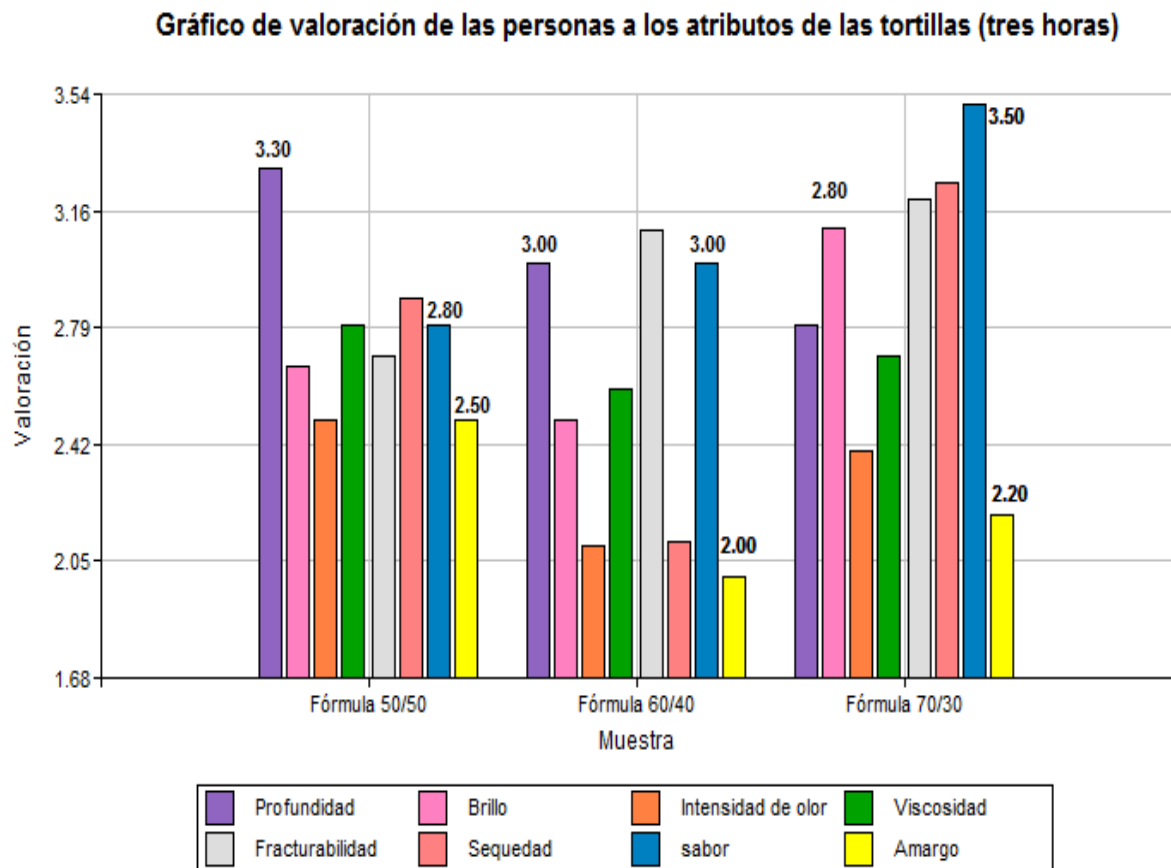
El valor de “p” para todas las variables evaluadas es mayor que 0.05 indicando que los panelistas no encontraron diferencias en las tres formulaciones evaluadas a las 0 horas de elaboración.

#### ➤ **Prueba tres horas de elaboración**

En la segunda prueba se evaluaron las tres formulaciones con el panel antes descritos. De forma general en la figura 10 se resume la respuesta de los panelistas a las variables evaluadas para las tortillas degustadas después de tres horas de su elaboración.



Figura 12.Comparación entre las fórmulas propuestas para la elaboración de tortillas. (Tres horas)



Como se puede observar el atributo mejor evaluado por los panelistas fue el sabor siendo la muestra de tortillas de la formulación 70% harina de maíz y 30% harina de plátano la que presenta según los panelistas mejor sabor tres horas después de su elaboración. Sin embargo, los panelistas detectaron una mayor intensidad del amargo en las tres formulaciones en comparación con las tortillas degustadas recién hechas en el tiempo cero.

Para encontrar la diferencia estadística entre las muestras se analizaron los datos utilizando análisis de la varianza, como lo muestra la tabla 13.

Tabla 13. Análisis de varianza de los atributos evaluados en las tres formulaciones de tortillas tres horas después de elaboración

Variable/p-valor	Modelo	F	Muestra
<b>Profundidad</b>	0.2496	1.46	0.2496
<b>Brillo</b>	0.1508	2.04	0.1508
<b>Intensidad de olor</b>	0.5263	0.66	0.5263
<b>Viscosidad</b>	0.9380	0.06	0.9380
<b>Fracturabilidad</b>	0.6328	0.47	0.6328
<b>Sequedad</b>	0.0242	4.39	0.0242
<b>Sabor</b>	0.3494	1.09	0.3494
<b>Amargo</b>	0.6823	0.39	0.6823

El valor de “p” para todas las variables evaluadas es mayor que 0.05 indicando que los panelistas no encontraron diferencias en las tres formulaciones evaluadas a las tres horas después de elaboración.

Aunque en el caso de la Sequedad los panelistas encuentran diferencia ( $p=0.0242$ ), la que se puede encontrar en la tabla 14 con el test de Duncan.

Tabla 14. Separación de promedios por Duncan para determinar diferencia entre las muestras.

Muestra	Medias	N	E.E.	
<b>Muestra 60/40</b>	2.11	9	0.27	A
<b>Muestra 50/50</b>	2.89	9	0.27	A B
<b>Muestra 70/30</b>	3.25	8	0.29	B

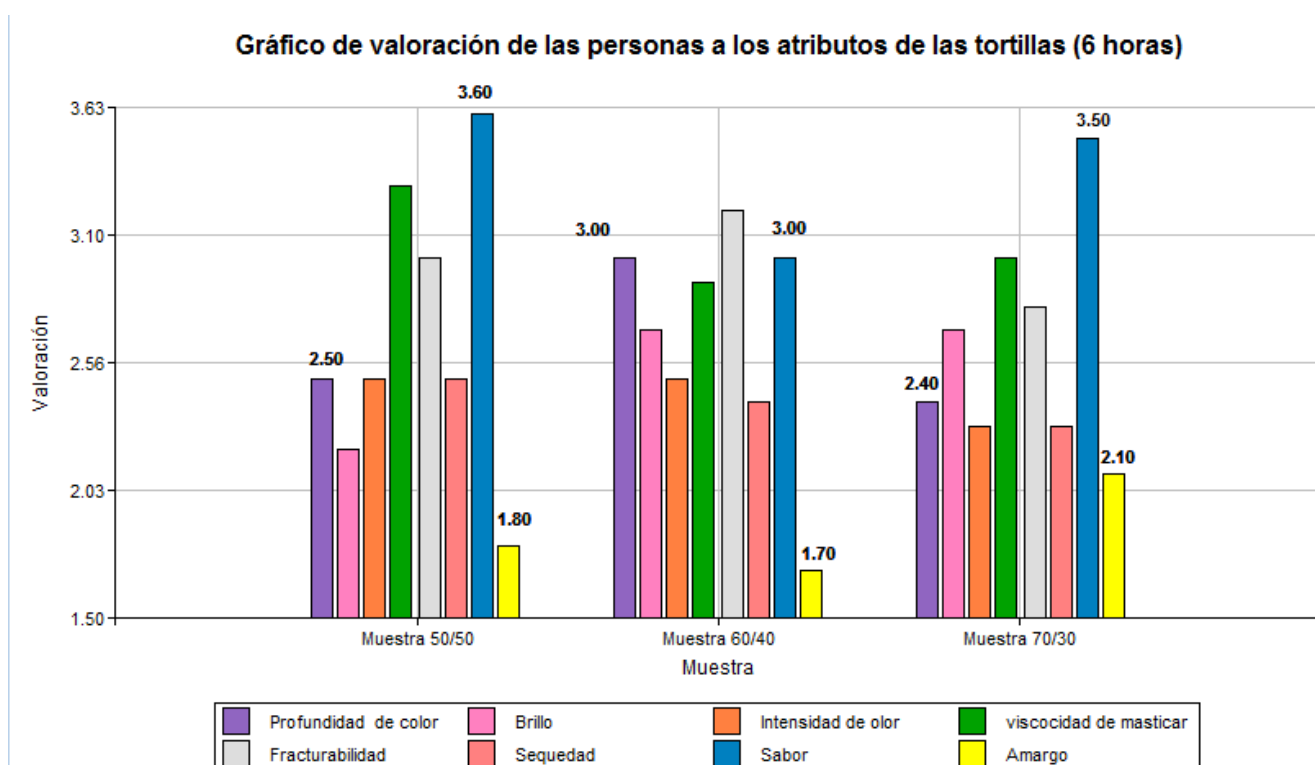
*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

Las tortillas obtenidas de las muestras 60/40 y 50/50 tienen igual evaluación en cuanto a la variable sequedad mientras que las tortillas de la muestra 70/30 presentan una diferencia significativa en cuanto a la sequedad, la cual es mejor evaluada por los degustadores.

### ➤ Prueba seis horas de elaboración

En la tercera prueba se evaluaron las tres formulaciones con el panel antes descritos. De forma general en la figura 11 se resume la respuesta de los panelistas a las variables evaluadas para las tortillas degustadas después de seis horas de su elaboración.

Figura 13. Comparación entre las fórmulas propuestas para la elaboración de tortillas. (Seis horas)



Se observa que el atributo sobresaliente en las tres fórmulas de tortillas es, el sabor, siendo la fórmula 50% harina de maíz y 50% harina de plátano la que según los panelistas presenta mejor sabor, elaborada después de las seis horas. De manera que los panelistas detectaron una intensidad de amargo más alta de la muestra de cero horas y más bajo que la de 3 horas.

Para encontrar la diferencia estadística entre las muestras se analizaron los datos utilizando análisis de la varianza, como lo muestra la tabla 14.

Tabla 14. Análisis de varianza de los atributos evaluados en las tres formulaciones de tortillas.

Variable/p-valor	Modelo	F	Muestra
<b>Profundidad</b>	0.1345	2.16	0.1345
<b>Brillo</b>	0.2145	1.63	0.2145
<b>Intensidad de olor</b>	0.8440	0.17	0.8440
<b>Viscosidad</b>	0.7540	0.29	0.7540
<b>Fracturabilidad</b>	0.7105	0.35	0.7105
<b>Sequedad</b>	0.8980	0.11	0.8980
<b>Sabor</b>	0.2800	1.33	0.2800
<b>Amargo</b>	0.7017	0.36	0.7017

El valor de “p” para todas las variables evaluadas es mayor que 0.05 indicando que los panelistas no encontraron diferencias en las tres formulaciones evaluadas a las 6 horas de elaboración.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede observar que, en las tres evaluaciones, las tortillas resultantes de la mezcla 70/30 (porcentaje de harina de maíz y harina de plátano respectivamente) son las que los panelistas evalúan con mejores atributos en comparación con las tortillas de las otras formulaciones (50/50; 60/40), teniendo como atributo que la hace diferente, la sequedad, ya que en esta tortilla se percibe mayor humedad en comparación con las otras.

### 7.3.3. Comparación de las tortillas elaboradas con la mezcla seleccionada con respecto a las tortillas de maíz tradicionales

Después de haber elaborado la harina de maíz en combinación con la harina de plátano y haber sido seleccionada la mezcla 70% harina de maíz y 30% harina de plátano, se procedió a la elaboración de tortillas con la misma. La comparación final mediante análisis sensorial, se realizó con las tortillas resultantes (combinación de harina de plátano con harina de maíz nixtamalizado) y un grupo testigo (tortillas de harina de maíz nixtamalizado).

(B.M.Watts, Ylimaki, & L.G.E, 1992) Indica que “en las pruebas orientadas al consumidor, se selecciona una muestra numerosa, que represente a la población de posibles consumidores. Por lo general se entrevistan de 100 a 500 personas”. Sin embargo, orienta que debido a que este proceso es caro y requiere mucho tiempo, entonces frecuentemente se utilizan paneles internos de consumidores en la etapa inicial de los estudios de aceptabilidad de un producto. Están integrados por personal no especializado de la institución y generalmente se llevan a cabo antes de iniciar las verdaderas pruebas dirigidas al consumidor. Por lo general estos paneles internos están integrados por 30 a 50 panelistas no entrenados. Estos serán capaces de identificar la relativa aceptabilidad de un producto y también defectos en productos.

El panel utilizado para esta prueba fue un panel de tipo no entrenado y se encontró en la Universidad Nacional de Ingeniería, Recinto Augusto C. Sandino (UNI – RUACS), se llevó a cabo con 50 panelistas como se muestra en la figura 12. Cada evaluador llenó una hoja de evaluación sensorial (Ver Anexo 3).

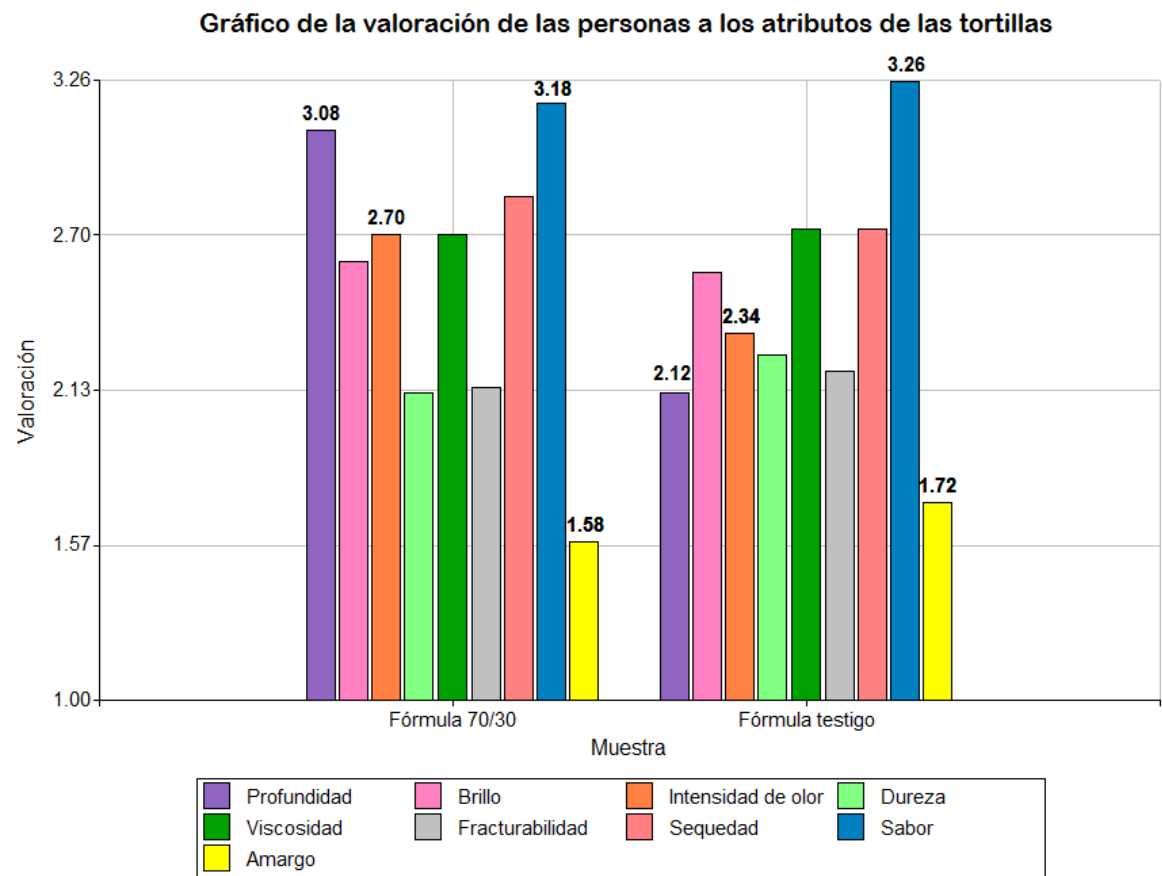
Figura 14. Análisis sensorial para comparación final de tortillas.



La prueba estadística para analizar los datos, fue la prueba de hipótesis con la distribución “T de Student” para muestras no independientes, la cual permitió encontrar diferencias significativas entre ellas, se obtuvieron dos muestras para analizar que son la harina testigo, que no se mezcló con harina de plátano y las

tortillas de harina de maíz combinada con harina de plátano proporción 70/30. Los resultados se presentan a continuación.

Figura 15.Comparación entre la fórmula seleccionada y la muestra testigo para la elaboración de tortillas.



Para encontrar la diferencia estadística entre las muestras se analizaron los datos utilizando la prueba de hipótesis con la distribución t, como lo muestra la tabla 15.

Tabla 15. Prueba T de los atributos evaluados en las formulaciones de tortillas.

<b>Atributo/ Media</b>	<b>Testigo</b>	<b>Fórmula 70/30</b>	<b>Valor “p”</b>
<b>Profundidad</b>	2.12	3.08	<u>≤0.0001</u>
<b>Brillo</b>	2.56	2.60	0.8389
<b>Intensidad de olor</b>	2.34	2.70	<u>0.0131</u>
<b>Dureza</b>	2.26	2.12	0.2299
<b>Viscosidad</b>	2.72	2.70	0.9383
<b>Fracturabilidad</b>	2.20	2.14	0.8272
<b>Sequedad</b>	2.72	2.84	0.4325
<b>Sabor</b>	3.26	3.18	0.6915
<b>Amargo</b>	1.72	1.58	0.4724

El valor p de la comparación entre las muestras es mayor que 0.05, excepto para la profundidad del color y la intensidad del olor que presentan diferencias significativas, indicando que los panelistas encontraron diferencias en estos atributos para la muestra testigo y la formulación 70/30, en el caso de la profundidad dan una valoración más alta a la fórmula 70/30 debido a que era notable el color un poco más oscuro que la muestra testigo; de la misma forma para la intensidad del olor, dicen ser más intenso el olor de la formulación 70/30.

Ninguno de los resultados encontrados es desfavorable para la formulación propuesta, en la mayoría de los atributos no se detectan diferencias entre las muestras por lo tanto la formulación 70/30 puede ser un perfecto sustituto de las tortillas elaboradas a base de 100% harina de maíz nixtamalizada.

#### **7.3.4. Determinación de rendimiento del proceso**

Durante la realización de los productos se llenó una tabla de recolección de datos de los pesos iniciales y finales por cada etapa del proceso (Ver anexo 4), tanto para la materia prima como para los insumos y aditivos, esto con el propósito de calcular el rendimiento de masa que se realizó a partir de los porcentajes de las entradas y salidas tanto de materia prima, cáscaras y producto terminado. Para

esto se utilizó la ecuación general de balance de materia y energía planteada por (Murphy, 2007):

Ecuación 7. Ecuación de balance de materia.

$$[\text{Entrada}] + [\text{Generación}] - [\text{Salida}] - [\text{Consumo}] = [\text{Acumulación}]$$

Donde:

Entrada = materia que *entra* al sistema cruzando los límites del mismo

Generación = materia que se *genera* dentro del sistema

Salida = materia que *sale* del sistema cruzando los límites del mismo

Consumo = materia que se *consume* dentro del sistema

Acumulación = cambio en la materia dentro del sistema

Utilizando diagramas de entradas – salidas (Murphy, 2007) como el que se muestra a continuación:

Figura 16. Diagrama de entradas y salidas.



Un solo bloque representa todas las operaciones físicas y químicas involucradas en el proceso. Las líneas con flechas representan el movimiento de materiales que entran y salen del proceso.

Primeramente, se describe el proceso productivo llevado a cabo para la obtención de harina de plátano y la posterior mezcla con harina de maíz.



- **Descripción del proceso**

- **Pesado**

Se escogieron los plátanos de la variedad Gigante, con estado de madurez 3, libres de defectos visibles. Los plátanos utilizados tenían un diámetro promedio de 5.3 cm. Se registró el peso de la materia prima que entro al proceso.

- **Lavado**

Se sumergieron los plátanos en agua potable, se cepillaron con agua y jabón para eliminar partículas adheridas a estos.

- **Pelado**

El pelado se realizó de forma manual utilizando un cuchillo, con la finalidad de eliminar la cascara sin dejar restos pegados a la pulpa.

- **Cortado**

Los plátanos ya pelados, se cortan con un rayador (tajadera) para obtener trozos más pequeños en forma de tajada, esta operación es necesaria para aligerar el proceso de secado.

- **Inmersión en Metabisulfito**

La composición química del plátano se caracteriza por la presencia de almidones y escasez de ácidos, esto lo hace sensible al oxígeno, ocasionando un color parduzco conocido como pardeamiento enzimático.

Para evitar este pardeamiento se sumergieron las tajadas de plátano en una solución al 0.1% de Metabisulfito de sodio por peso de agua durante 20 minutos.

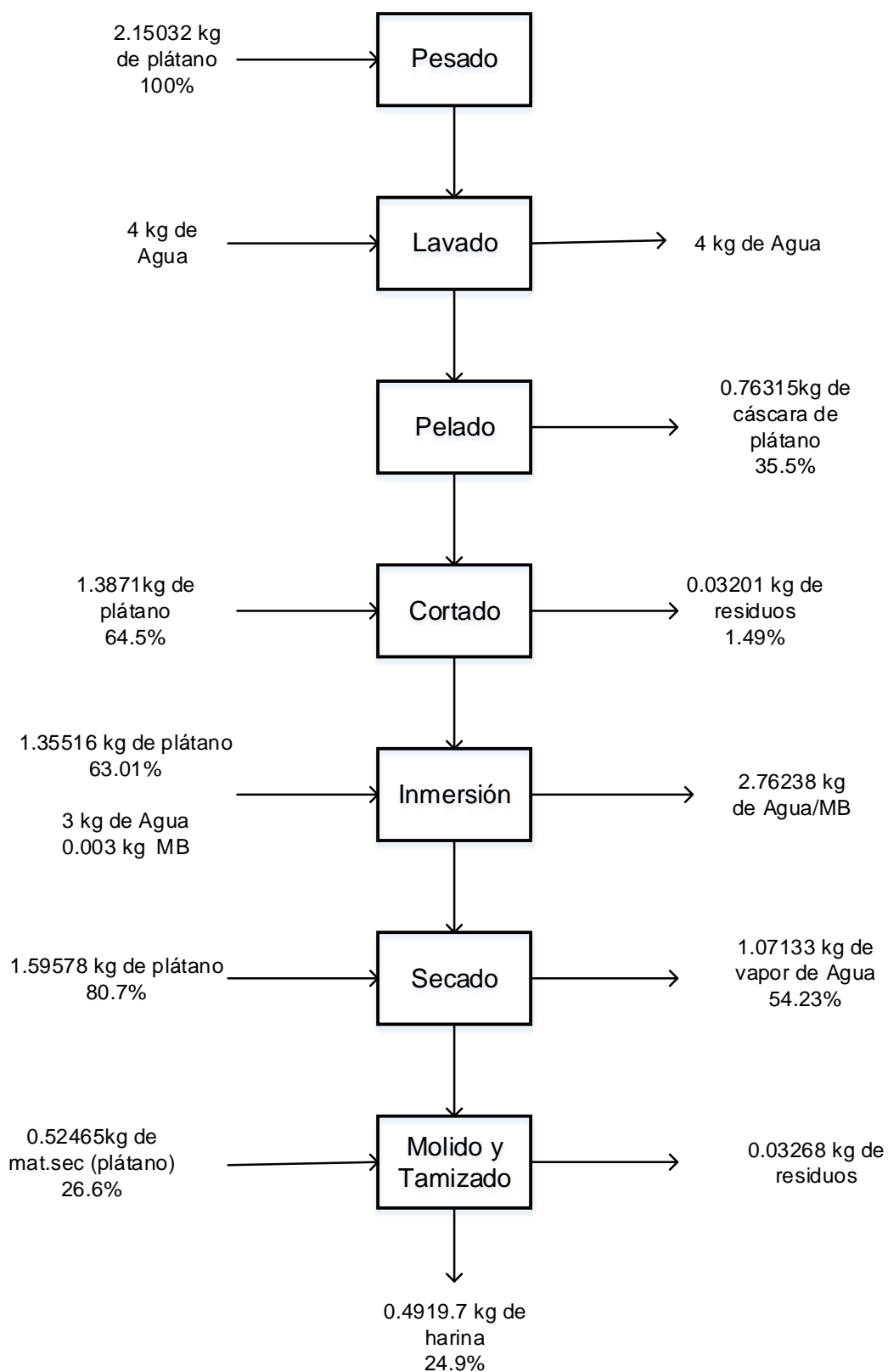
- **Secado**

Para esta operación se utilizó un medio horno de convección eléctrica, en el que se introdujeron las tajadas de plátanos acomodadas en bandejas, estas fueron sometidas a una temperatura de 75°C por 45 minutos.

- **Molido y Tamizado**

Se utilizó una licuadora de 7 velocidades en la cual se pasó el producto totalmente seco para ser finamente dividido y obtener la harina.

➤ **Flujo tecnológico de la obtención de harina de plátano**



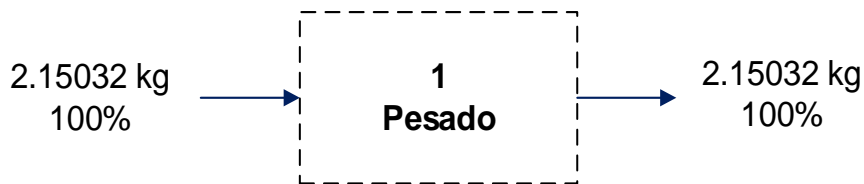
➤ **Resultados balance de Materia.**

Se realizó el balance de masa en la producción de harina de plátano, a partir de este fruto verde (Plátano), con una cantidad base de 2.15032 kg de plátanos.

A continuación, se detallan los rendimientos y las mermas de cada una de las etapas del proceso y el total que presenta el porcentaje de rendimiento y de merma.

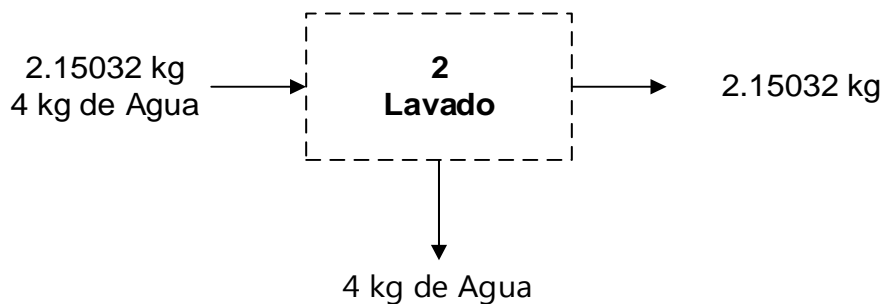
**Pesado**

Etapa en la que se pesa la materia entrante, teniendo un total de 2.15032 kg que corresponden a ocho plátanos, en la cual hay un rendimiento de 100% ya que no hay ninguna pérdida.



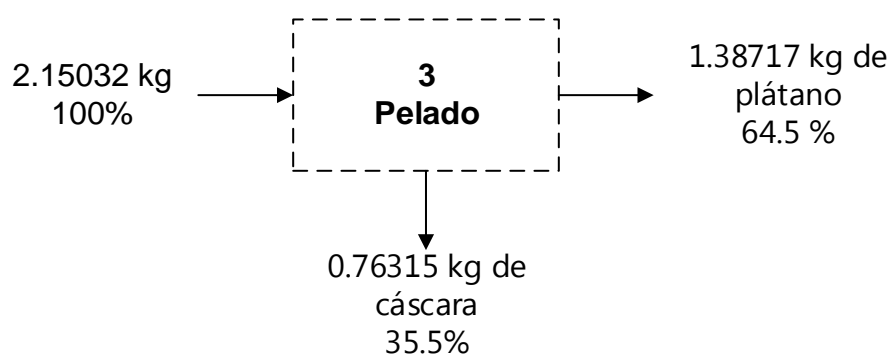
**Lavado**

En la etapa de lavado entra los plátanos provenientes del pesado, aquí entran 2.15032 kg, para realizar esta operación se necesitan 4 kg de agua para esta muestra. Donde se obtiene un rendimiento del 100% por no haber mermas.



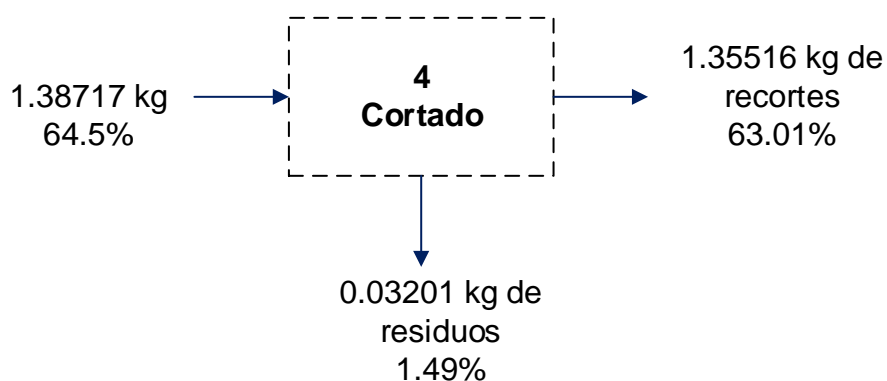
### Pelado

En esta etapa entran los plátanos provenientes del lavado, en la cual ingresan 2.15032 kg de plátano verde que se les retira la cáscara de forma manual utilizando cuchillos de acero inoxidable, teniendo un rendimiento del 64.5%, obteniéndose 1.38717 kg de plátano sin cáscara. En cuanto a mermas se obtiene un 35.5% equivalente a 0.76315 de cáscara.



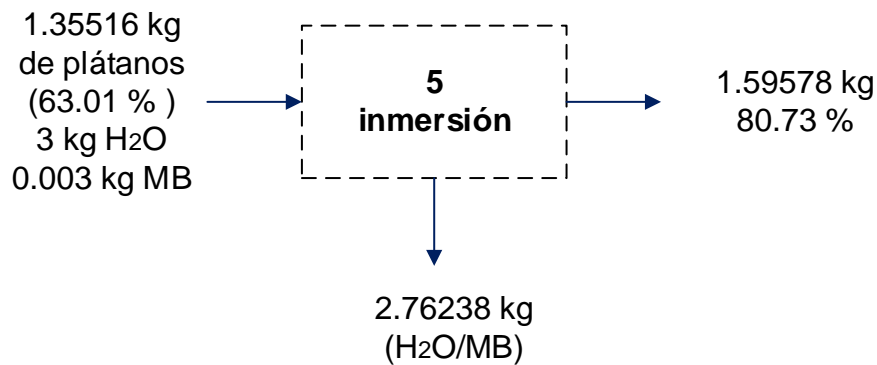
### Cortado

En esta etapa la pulpa obtenida que son 1.38717 kg de plátano sin cáscara, se corta en forma de tajadas logrando un rendimiento de 63.01% por lo cual se obtienen 1.35516 kg de tajadas de plátano. Referente a mermas se consigue 1.49% lo que equivale a 0.03201 kg de residuos de recorte.



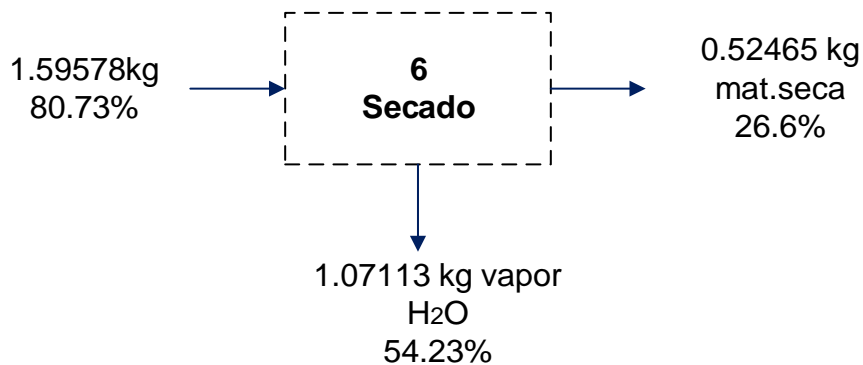
### Inmersión en Meta-Bisulfito de sodio

Para el proceso de inmersión se utilizaron 1.35516 kg de plátano que se sometieron a una disolución de meta bisulfito de 0.003 kg en 3 kg de agua por un periodo de 20 minutos. Una vez cumplido el tiempo en dicha solución se sacaron a escurrir, luego se pesaron y se encontró que habían ganado 17.72% de peso teniendo ahora 1.59578 kg de plátano para harina.



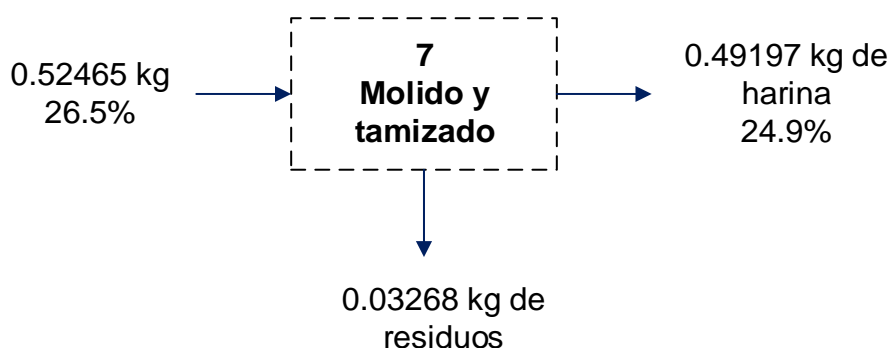
### Secado

Reducidos en tajadas, fueron colocadas 1.5957 kg de plátanos en bandejas, para ser trasladados al horno con el fin de extraer la humedad y someterlo a un secado a temperatura de 75°C por 45 minutos hasta obtener un producto con contenido de humedad aproximado al 5%. En esta etapa se obtuvieron 1.07113 kg de agua (H<sub>2</sub>O) y residuos de plátanos que se quedaron adheridos en el horno, resultando 0.52465 kg de materia seca, correspondiente al 38.7% del plátano inicial.



### Molido y tamizado

En esta etapa se dejó que el producto se enfriara, para proceder con la molienda de 0.52465 kg de materia seca que se realizó en una licuadora hasta que se obtuvo la harina de plátano. Posteriormente se realizó el tamizado este con el fin de adquirir un producto más fino, ya que la harina que se logró una vez que fue triturada, presento diferentes tamaños de partículas, teniendo como resultado 0.03268 kg de residuos y el 0.49197 kg de harina, lo que corresponde al 36.29% de plátanos inicial.



La producción de harina de plátano tiene un rendimiento de 24.9% en relación al plátano entero.

A continuación, se muestra el resumen de rendimiento en la tabla 16.

Tabla 16. Resumen de Rendimiento del proceso

Parámetro	Rendimiento
Plátanos procesados (kg)	2.15032
Salida del pelado	1.38717
Salida Cáscara	0.76315
Porcentaje de materia prima (%)	64.5%
Salida del Cortado (kg)	1.35516
Salida de residuos (kg)	0.03201
Porcentaje de pulpa para proceso	63.01%
Salida de inmersión (kg)	1.59578
Salida residuos (kg)	2.76238
Pulpa de plátano	80.73%
Salida del secado (kg)	0.52465
Vapor (kg)	1.07113
Materia Seca	26.6%
Salida de Molido y tamizado (kg)	0.4919
Salida residuos (kg)	0.03268
<b>Rendimiento en relación al plátano entero</b>	<b>24.9%</b>
<b>Rendimiento en relación a la parte aprovechable</b>	<b>64.5%</b>

De igual manera se realizó un cálculo de energía utilizando la ecuación de balance de energía planteada por (Murphy, 2007), tomando en cuenta que en un sistema que se lleve un proceso en ausencia de una reacción nuclear, no es posible generar ni consumir masa, al igual que la masa, la energía no puede ser generada ni consumida, la ecuación quedó de la siguiente forma:

Ecuación 8. Ecuación general de balance de Energía.

$$\left[ \begin{array}{c} \text{Entrada} \\ \text{Energía} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{c} \text{Salida} \\ \text{Energía} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c} \text{Acumulación} \\ \text{Energía} \end{array} \right]$$

Calculando el calor entrante y saliente del proceso con la formula general de cantidad de calor:

Ecuación 9.Cálculo de cantidad de calor

$$Q = M \times C_p \times \Delta T$$

Donde

Q = Calor

M = Masa

Cp = Capacidad calorífica

$\Delta T$  = variación de temperatura

### ➤ Resultados Balances de Energía.

Dentro del proceso de elaboración de la harina la operación que requiere calor es el secado y consumo de energía la operación de molienda. A continuación, se muestra el gasto energético en las dos operaciones.

#### **Gasto energético para el proceso de Secado**

Datos para el plátano

M: 1.59578 kg

Cp.: 0.858 kcal/Kg°C (Maradiaga, Quintana, & Sanchez, 2011)

T<sub>1</sub>: 27.7°C

T<sub>2</sub>: 48 °C (T° tomada en el momento que las tajadas de plátanos se sacaron del horno).

Utilizando la ecuación 9. Se calculó la cantidad de energía suministrada a los plátanos.

$$Q = mC_p\Delta T$$

$$Q = (1.59578\text{kg}) \left( 0.858 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \cdot ^\circ\text{C} \right) (48 ^\circ\text{C} - 27.7 ^\circ\text{C})$$

$$Q = 27.79 \text{ kcal}$$

La cantidad de energía requerida para el proceso de secado es de 27.79 kcal.



**Figura 17. Proceso de Secado**



**Figura 18. Tajadas de plátano después del proceso de secado.**



### **Gasto energético para el proceso de molienda**

El proceso de molienda se realizó en una licuadora marca Oster de 7 velocidades la que trabaja con un motor de 3500 Rpm, y se denomina de baja rotación. La licuadora tiene un consumo energético de 0.41 Kw/h; para procesar los 525.65 g de materia seca de plátano se realizó en 6.5 lotes de 80 gr/min requiriendo 0.00683 KW/min, por lo tanto, se necesita 0.044 KW de energía para el proceso.

**Figura 19. Proceso de Molienda.**



#### **7.4. Costos de producción**

De las tres mezclas evaluadas en la investigación para la elaboración de tortillas a partir de harina de plátano en combinación con harina de maíz, se seleccionó la mezcla 70/30 (porcentajes de harina de maíz y harina de platino respectivamente).

A continuación, se muestra el costo general de producir 100 bolsas de harina con un peso de 400 g cada bolsa.

Para la producción de 100 bolsas de harina de plátano en combinación con harina de maíz se necesitan 52.45 kg de plátano que son 195 unidades y 28 kg

de harina de maíz. En la tabla 16 se presentan los costos de producción sin incluir mano de obra, permite tener un aproximado del costo de producción por bolsa de harina.

**Tabla 17. Costos de Producción y precio por unidad.**

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio C\$/Unidad	Total C\$
<b>Plátanos</b>	unid	195	3.00	585.5
<b>Empaque</b>	unid	100	1.00	100
<b>Etiqueta</b>	unid	100	1.00	100
<b>Agua</b>	kg	170.74	Tarifa social	60
<b>Energía</b>	kW	103.5	De acuerdo a la tarifa social	186.27
<b>Metabisulfito</b>	kg	0.0731		5.7
<b>Harina de Maíz</b>	Kg	28	23.1	646.8
<b>Costo total</b>				1684.27
<b>Costo por bolsa</b>				16.84
<b>Costo por unidad</b>				1.29

El costo en electricidad se debe al uso de un medio horno de convección eléctrica marca Garland MCO-E-5-C para el proceso de secado del plátano que tiene un consumo de 5.6 kW/h y la licuadora de 7 velocidades marca Oster utilizada en la etapa de molienda la que tiene un consumo de energía de 0.41 kW/h; teniendo en total un consumo de energía de 103.51 kW para la producción de 100 bolsas.

De esta manera la bolsa de harina de 400 g tiene un costo de producción de C\$ 16.84 córdobas. Para elaborar una tortilla se necesitan 30 g de harina entonces por cada bolsa de harina se obtienen 13 tortillas, lo que indica que el costo de producir una tortilla seria de C\$ 1.29 córdobas. De acuerdo con la harina de maíz Maseca que se produce de manera industrial y que se comercializa en el mercado nacional tienen un precio por empaque de 454 g (aproximadamente 17 tortillas) de C\$15.50 córdobas, lo que muestra C\$ 0.91 por cada tortilla.

Por otra parte, si se contara con un molino industrial en la etapa de molienda se pueden obtener mejores rendimientos (aproximadamente 35%) utilizando la misma cantidad de plátanos que se usaron en la investigación realizada a escala de laboratorio usando una licuadora para dicho proceso.

En la tabla 17 se muestran los costos de producción en un proceso donde se utilice un molino industrial

Tabla 18. Costos de producción para harina en un proceso con mejores rendimientos.

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio C\$/Unidad	Total C\$
<b>Plátanos</b>	unid	116	3.00	348
<b>Empaque</b>	unid	100	1.00	100
<b>Etiqueta</b>	unid	100	1.00	100
<b>Agua</b>	kg	170.74	Tarifa social	60
<b>Energía</b>	kW	103.5	De acuerdo a la tarifa social	186.27
<b>Metabisulfito</b>	kg	0.0435		3.35
<b>Harina de Maíz</b>	Kg	28	23.1	646.8
<b>Costo total</b>				1444.42
<b>Costo por bolsa</b>				14.44
<b>Costo por unidad</b>				1.11

Con este rendimiento se podría lograr que la bolsa de harina tenga un costo de C\$14.42 córdobas y de esta manera la unidad de tortilla alcance un costo de C\$ 1.11.

## VIII. Conclusiones

La materia prima que se utilizó para la elaboración de harina de plátano se encontraba en el estado de madurez apropiada, estado de maduración 3 (verde-amarillo), según los análisis fisicoquímicos realizados con los que se definió las características de los plátanos para procesamiento de harinas, la acidez de los plátanos fue de 0.22%, el contenido en sólidos solubles fue de 3.24° Brix con un índice de madurez de 14.67. Los mismos tenían una longitud de 32.75 cm, con un diámetro promedio de 5.39 cm, en cuanto al contenido de materia seca estos presentaron 35.5% y 64.5% de humedad. La presión soportada por la pulpa fue de 11.33 kg/cm<sup>2</sup> indicando plátanos con pocos días de cosecha, en el estado de maduración apto para el proceso.

Se determinó la inmersión en metabisulfito de sodio, como antioxidante a utilizar en las rodajas de plátano antes de la etapa del secado, para así contrarrestar el pardeamiento que sufrían las tortillas a pocos minutos de ser elaboradas, este antioxidante se eligió después de realizar las tres pruebas para evaluar el pardeamiento de las tortillas (escaldado de rodajas de plátano, inmersión en metabisulfito de sodio e inmersión en ácido ascórbico), donde se pudo observar que las tortillas elaboradas con la prueba de metabisulfito de sodio fueron las que presentaron menos pardeamiento en comparación con las tortillas obtenidas a partir de las otras pruebas.

Se sometieron las tortillas a un análisis sensorial con 10 panelistas para evaluar las tres formulaciones (70/30; 60/40; 50/50, porcentajes de harina de maíz y harina de plátano respectivamente) y determinar la mejor formulación; estas se evaluaron en tres intervalos cero horas (recién hechas), tres horas y seis horas de elaboración. Los resultados se analizaron por medio del análisis de la varianza y separación de promedios por la prueba de Duncan, se encontró que los panelistas evaluaron con mejores atributos las tortillas obtenidas de la mezcla 70/30, en comparación con las tortillas de las otras formulaciones (50/50; 60/40), mostrando como atributo que la hace diferente, la sequedad, ya que en esta tortilla se percibe mayor humedad.

Se procedió a la comparación final mediante análisis sensorial con un panel compuesto por 50 jueces, las muestras de tortillas resultantes de la mezcla 70/30 (harina de plátano con harina de maíz nixtamalizado) y el grupo testigo (tortillas de harina de maíz nixtamalizado). Los resultados se analizaron por medio de la prueba de hipótesis con la distribución “T de Student” donde se obtuvo que ninguno de los resultados encontrados es desfavorable para la formulación propuesta, en la mayoría de los atributos no se detectan diferencias entre las muestras por lo tanto la formulación 70/30 puede ser un perfecto sustituto de las tortillas elaboradas a base de 100% harina de maíz nixtamalizada.

Se calculó el rendimiento de la producción de la harina de plátano y se encontró que el rendimiento en relación al plátano entero es de 24.9%. En comparación con la prueba de materia seca que dio como resultado 35.5% que debería ser el rendimiento de los plátanos en cuanto a obtención de harina, se puede ver una pérdida del 10.6% lo que asumimos se debe al tipo de procesador que se utilizó para la etapa de molienda, ya que un molino industrial utilizado para este proceso cuenta con un motor de velocidad de rotación de 16800 Rpm mientras que la licuadora que se utilizó a nivel de laboratorio para esta investigación cuenta con un motor de apenas 3500 Rpm.

Se calcularon los costos generales para producir 100 bolsas de harina y se encontró que el costo de producir 100 bolsas que contengan 400 g de harina es de C\$ 1,684.27, de esta manera cada bolsa tendría un precio de C\$ 16.84. Mientras que teniendo un proceso con mejores rendimientos se podría obtener harina a un precio de C\$ 14.47 córdobas por bolsa y C\$ 1.11 por unidad de tortilla.

## **IX. Recomendaciones**

Se recomienda utilizar un molino industrial en la etapa de molienda para obtener mejor rendimiento y uniformidad en la granulometría de harina de plátano.

Evaluar la pre factibilidad de una empresa que se dedique a la producción de harina de plátano en combinación con harina de maíz. Que sea accesible para el desarrollo agroindustrial de una pequeña empresa.

Realizar un estudio de la vida útil de la harina de plátano en combinación con harina de maíz.

## X. Bibliografía

- Alvarado, C. M., Arévalo, D. E., & Herrera, J. E. (22 de Septiembre de 2017). *Evaluación del efecto de la harina de plátano verde (Musa Paradisiaca) sobre las características organolépticas de cuatro formulaciones para empanizador de pollo*. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14638>
- Aparicio-Saguilan, A., Díaz, P., Agama-Acevedo, E., Islas-Hernández, J., & Bello-Pérez, L. (17 de Diciembre de 2012). *Tortilla adicionada con harina de plátano inmaduro y harina de yuca: composicion química y digestibilidad del almidón*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1080/19476337.2012.760653>
- Araúz, C., Araúz, R., Navarro, S., & Martínez, E. (17 de Junio de 2011). *Centro de Innovación y colaboración Univesitaria- UCA*. Obtenido de [ecentro.uca: http://ecentro.uca.edu.ni/pd/mod/file/download.php?file\\_guid=9975](http://ecentro.uca.edu.ni/pd/mod/file/download.php?file_guid=9975)
- ASECONSA. (14 de Noviembre de 2010). *ASECONSA: Asesoría de Consumo y Sanidad*. Recuperado el 28 de Julio de 2017, de Sitio web de ASECONSA: <http://www.aseconsa.es/noticias/almacenamiento-de-harinas>
- Aurore, G., Parfait, B., & Fahrasman, L. (s.f.). *Banana, raw materials for making processed food products*. Trends in Food Science & Technology.
- B.M.Watts, Ylimaki, L., & L.G.E. (1992). Utilización de pruebas orientadas al producto y de pruebas orientadas al consumidor. En B.M.Watts, L. Ylimaki, & L.G.E, *In Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*. (págs. 9-11). Ontario Canadá: Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo.
- Barbeau, G. (1990). *Frutas en Nicaragua*. Managua Nicaragua: Ciencias Sociales.
- Bosquez, E. (2014). *Fisiología y tecnología postcosecha de frutas y hortalizas*.



- Botanica Online. (2016). Harina de maíz. *Revista Botanica*. Obtenido de <http://www.botanical-online.com/maizharina.htm>
- Càceres, A., Duarte, F., Quintana, M., & Machado, J. (Septiembre de 2006). Recuperado el 8 de Agosto de 2016, de <http://hdl.handle.net/123456789/3686>
- Chavarría, E. (2013). *Índices de madurez del plátano*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/ELVISCHAVARRICHOLA/indices-de-madurez-del-platano>
- Dadzie, B., & Orchard, J. (1997). *Evaluación postcosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos*. Recuperado el 1 de Febrero de 2017, de [http://www.bioversityinternational.org/uploads/tx\\_news/Routine\\_post-harvest\\_screening\\_of\\_banana\\_plantain\\_hybrids\\_\\_Criteria\\_and\\_methods\\_\\_235\\_ES.pdf](http://www.bioversityinternational.org/uploads/tx_news/Routine_post-harvest_screening_of_banana_plantain_hybrids__Criteria_and_methods__235_ES.pdf)
- El Nuevo Diario. (25 de Julio de 2013). *El Nuevo Diario*. Obtenido de <http://www.elnuevodiario.com.ni/economia/292546-nicaragua-quiere-exportar-harina/>
- Fierro, N., & García, D. (2010). *PROYECTO DE INVERSIÓN PARA LA CREACIÓN DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE HARINA DE PLÁTANO*. Cantón Caluma.
- Flores del Valle, W. (1 de Diciembre de 2013). *Métodos y criterios de análisis de variedades promisorias de Musáceas*. Obtenido de Métodos y criterios de análisis de variedades promisorias de Musáceas.: [http://www.musalac.org/proyectos/fontagro\\_plat/guiasTecnicasFONTAGRO/MetodosCriteriosAnalsisMusaceas.pdf](http://www.musalac.org/proyectos/fontagro_plat/guiasTecnicasFONTAGRO/MetodosCriteriosAnalsisMusaceas.pdf)
- GLOBAL, A. (2010). *Aldea Global*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2015, de Aldea Global : [http://www.aglobal.org.ni/cv\\_malanga.html#](http://www.aglobal.org.ni/cv_malanga.html#)
- Google Maps. (5 de Noviembre de 2016). *Ubicacion UNI-RUACS*.

- Gutierrez, L. F. (2013). *Evaluación del comportamiento físico y químico poscosecha del plátano Dominico Harton (musa aab Simmonds) cultivado en el municipio de Belalcazar (Caldas)*. Bogotá.
- Indice de Desarrollo Nicaragua*. (09 de abril de 2010). Obtenido de idh Nicaragua: <http://idhnicaragua.blogspot.com/2010/04/la-agricultura-es-la-principal.html>
- López, L. d. (2013). *Evaluación de mezclas de harina de malanga y maíz para elaborar tortillas*. Obtenido de <http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/1>
- Macotto, A., & Masis, F. (Diciembre de 2009). *Estudio de factibilidad para la producción y exportación de tostones desde Rivas, Nicaragua hacia el mercado de Miami,EEUU*. Recuperado el 8 de Agosto de 2016, de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/249/1/AGN-2009-T021.pdf>
- Maradiaga, K., Quintana, E., & Sanchez, S. (2011). *Estudio técnico para el procesamiento de tostones prefritos congelados*. León: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Martínez, R. (20 de Agosto de 2009). *Rincon del Universitario Blogspot*. Recuperado el 11 de Agosto de 2016, de <http://rincondeluniversitario.blogspot.com/2009/08/normal-0-21-false-false-false-es-co-x.html>
- Miranda, O. (2002). *Presupuestos parciales para la Administración de fincas*. Obtenido de Economía y Administración,2: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210657.pdf>
- Murphy, R. (2007). *Introducción a los procesos químicos*. México, D.F: McGraw-Hill Interamericana.
- Nicaragua, A. (22 de Enero de 2016). *Repositorio UNAN*. Obtenido de [repositorio.unan.edu.ni/3770/1/10622.pdf](http://repositorio.unan.edu.ni/3770/1/10622.pdf)
- Palacín, J. (2012). *EFFECTOS DE RECUBRIMIENTOS DE ALMIDÓN DE YUCA, ÁCIDO ASCOEBICO N-ACETIL-CÍSTEINA EN LA CALIDAD*

*DEL PLÁTANO (Musa Paradisiaca)*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

- Pineda, E., Alvarado, E., & Canales, F. (1984). Tipo de Investigación. En *Metodología de la Investigación* (pág. 81). Washington, D.C: Organización Panamericana de la Salud.
- Quiceno, M., Giraldo, G., & Villazamar, R. (2014). Caracterización fisicoquímica del plátano (*Musa paradisiaca* sp.AAB, Simmonds) para la industrialización. *UGCiencia*, 48-54.
- Ramos, F. (2013). *Maíz, trigo y arroz*. Monterrey: Publicaciones Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Rivera, R. (2013). *Tecnología de bajo costo. Fogón mejorado y moldeadora de tortillas*. Managua.
- Sampieri, R., Collado, C., & Lucio, M. (2010). *Metodología de la Investigación* (Quinta ed.). México D.F: INTERAMERICANA EDITORES, S.A DE C.V.
- Sampieri, R., Collado, C., & Lucio, M. (2010). Metodología de la Investigación . En *Metodología de la Investigación Quinta Edición* (págs. 121-136). México D.F: INTERAMERICANA EDITORES, S.A DE C.V.
- Silva, A., & Melo, B. (2003). *Colheita y Poscolheita da banana*. Obtenido de [http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/pos\\_colheita.html](http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/pos_colheita.html)
- Soto Ballesteros, M. (1992). *Bananos: cultivo y comercialización (segunda)*. San José Costa Rica: Litografía e imprenta Lil.
- Suazo, S., Sánchez, H., Loyo, A., Robledo, I., Vivar, M., d. I., & Jiménez, A. (2008). *Manual de Prácticas de Ciencia y Tecnología de Alimentos III*. Obtenido de [www.biblioteca.upibi.ipn.mx/Archivos/.../MANUAL CyTA III.docx](http://www.biblioteca.upibi.ipn.mx/Archivos/.../MANUAL%20CyTA%20III.docx)
- Tapia, A., & Mayorga, M. (3 de Julio de 2015). *Repositorio UNAN-Managua*. Obtenido de <http://repositorio.unan.edu.ni/957/1/7989.pdf>

- Uk Essays. (23 de Marzo de 2015). *El Estudio de proyectos*. Obtenido de El estudio de proyectos : <https://www.ukessays.com/essays/foreign-language/el-estudio-de-proyectos.php>
- Unisima. (2012). *Unisima*. Obtenido de Unisima.com: <https://unisima.com/salud/platano-verde/>
- Ureña, M., & Encina, C. (2007). *Determinación de la máxima retención de ácido ascórbico de la conserva de agua y manto en almibar aplicando el método tagushi*. Lima: Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria.
- Valle, W. F. (2013). *Manual Tècnico Para el procesamiento tradicional del plàtano*. Recuperado el 8 de Agosto de 2016, de [http://www.musalac.org/proyectos/fontagro\\_plat/guiasTecnicasFONTAGRO/ManualTecnicoProcesamientoTradicionalPlatano.pdf](http://www.musalac.org/proyectos/fontagro_plat/guiasTecnicasFONTAGRO/ManualTecnicoProcesamientoTradicionalPlatano.pdf)
- Vásquez, L. (20 de Marzo de 2013). *Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas*. Obtenido de [http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/10521/1894/1/Vazquez\\_Lopez\\_LC\\_MC\\_Produccion\\_Agroalimentaria\\_Tropico\\_2013.pdf](http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/10521/1894/1/Vazquez_Lopez_LC_MC_Produccion_Agroalimentaria_Tropico_2013.pdf)
- Zevallo, O. (1 de Noviembre de 2015). *Producto*. Obtenido de Peruano: <http://expoferiaproductosperuanos.jimdo.com/pl%C3%A1tano-verde/>

## **XI. Anexos**

Anexo 1. Tabla de recolección de datos Pruebas fisicoquímicas

Prueba Muestras	Acidez	Contenido azúcares	Índice de madurez	Longitud del fruto	diámetro	Materia seca	Firmeza
Muestra 1							
Muestra 2							
Muestra 3							
Muestra 4							
Muestra 5							
Muestra 5							

## **Anexo 2.** Hoja de análisis sensorial para el panel de Degustadores

### **BOLETA PARA ANÁLISIS SENSORIAL DEL PRODUCTO.**

#### **Solicitud de cooperación:**

Saludos, somos estudiantes egresados de la carrera de Ingeniería Agroindustrial y actualmente estamos ejecutando un proyecto de investigación monográfica el cual consiste en la “Elaboración de harina de plátano en combinación con harina de maíz para la preparación de las tradicionales tortillas, a escala de laboratorio en la ciudad de Estelí”. Le solicitamos su apoyo a nuestra labor, agradeciendo su cooperación para llenar la siguiente boleta.

#### **Objetivo:**

Determinar la formulación más apropiada de harina de plátano y harina de maíz nixtamalizado, por medio de análisis sensorial, para establecer la formulación que conserve las características físicas y organolépticas de la harina para tortillas.

#### **Datos Generales:**

Producto: Tortillas elaboradas a base de harina de plátano en combinación con harina de maíz nixtamalizado.

Hora: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Observe y pruebe por favor las muestras en el orden que se le dan e indique con una “X” según su criterio la intensidad en cuanto a los atributos que el producto a continuación presenta, de acuerdo a la escala correspondiente a los siguientes aspectos: color, olor, textura y sabor.

Muestra: \_\_\_\_\_

Color					
Atributos	Escala				
	1	2	3	4	5
Profundidad	Muy pálido	Pálido	Intermedio	Oscuro	Muy Oscuro
Brillo	Muy Opaco	Opaco	Intermedio	Brillante	Muy Brillante

Olor					
Atributos	Escala				
	1	2	3	4	5
Intensidad de Olor	Nada	Ligero	Moderado	Fuerte	Muy Fuerte

Textura					
Atributos	Escala				
	1	2	3	4	5
Dureza	Muy suave	Suave	Medio	Duro	Muy Duro
Viscosidad al masticar	Nada	Muy poca	Poca	Moderada	Mucha
Fracturabilidad	Nada	Muy poca	Poca	Moderada	Mucha
Sequedad	Muy Seco	Seco	Medio	Húmeda	Muy Húmeda

Sabor				
Me Agradada	Escala			
	1	2	3	4
	Nada	Poco	Medio	Mucho

Amargo					
Intensidad	Escala				
	1	2	3	4	5
	Nada	Poco	Medio	Suficiente	Mucho



### Anexo 3. Resultado de Análisis Sensoria

1

Muestra 431

Muestra 845

Muestra 561

How: 3:30